

Miguel Carlos Llorca Miravet

Influencia del ángulo tarsal en el esparaván del caballo pre de tres años

Departamento
Patología Animal

Director/es
Blas Giral, Ignacio de
Vázquez Bringas, Francisco José

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>

Tesis Doctoral

INFLUENCIA DEL ÁNGULO TARSAL EN EL ESPARAVÁN DEL CABALLO PRE DE TRES AÑOS

Autor

Miguel Carlos Llorca Miravet

Director/es

Blas Giral, Ignacio de
Vázquez Bringas, Francisco José

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Patología Animal

2016



Universidad
Zaragoza

Tesis Doctoral

Título de la tesis :
Influencia del angulo tarsal en el esparaván del
caballo Pura Raza Española de tres años

Autor

Miguel Carlos Llorca Miravet

Director/es

Ignacio de Blas Giral
Francisco José Vázquez Bringas

Facultad de Veterinaria
2015

Universidad de Zaragoza

Facultad de Veterinaria

Departamento de Patología Animal



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza

Influencia del angulo tarsal en el esparaván del caballo Pura Raza Española de tres años

Memoria presentada por **Miguel Carlos Llorca Miravet**

Para optar al grado de Doctor

Noviembre 2015



**Universidad
Zaragoza**

Dr. IGNACIO DE BLAS GIRAL, Profesor Titular del Departamento de Patología Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, y Dr. FRANCISCO JOSÉ VÁZQUEZ BRINGAS, Profesor Asociado del Departamento de Patología Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, como Directores,

CERTIFICAN:

Que D. MIGUEL CARLOS LLORCA MIRAVET ha realizado bajo nuestra dirección los trabajos correspondientes a su Tesis Doctoral titulada “Influencia del angulo tarsal en el esparaván del caballo Pura Raza Española de tres años” que se ajusta con el Proyecto de Tesis presentado y cumple las condiciones exigidas para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Zaragoza, por lo que autorizamos su presentación para que pueda ser juzgada por el Tribunal correspondiente.

Y para que conste, firmamos el presente certificado

En Zaragoza, a 13 de noviembre de 2015

Dr. Ignacio de Blas

Dr. Francisco J. Vázquez



Agradecimientos

El ser humano (normal) se caracteriza por recordar solo los momentos agradables que ha experimentado, afortunadamente. Para mí, mi Facultad ha sido esa institución que recuerdas con cariño, muchos momentos de tu juventud vividos intensamente y que además perfilan su carácter. Grandes profesores que distribuidos por todo el país llevan el nombre de Zaragoza más allá de sus fronteras.

El llevar a término este proceso no hubiera sido posible sin el Dr. Nacho de Blas (el “mago” de la estadística de Zaragoza, una suerte para todos los estudiantes de la Facultad –y de Medicina- y muy especialmente para los doctorandos) cuya amistad a raíz de este trabajo me honra. Tampoco hubiera sido posible sin el Dr. Paco Vázquez, profesor responsable del Servicio de Cirugía y Medicina Equina del Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza, cuya infinita paciencia en las discusiones sobre el tarso y dirección del manuscrito hicieron posible esta tesis. Mi amistad con él se remonta los orígenes del Servicio.

Al Dr. Alfonso Martínez Galisteo, de la Universidad de Córdoba, por su inestimable participación en el análisis de los estudios de biocinemática; así como a Eduard Gascón, de la Fundació Hospital Clínic Veterinari de la Universitat Autònoma de Barcelona por su colaboración en la evaluación radiológica. A la Dra. Raquel Gómez Lucas de la Universidad Alfonso X el Sabio, por su aportación de las imágenes RM del tarso.

También han mostrado especial paciencia y ayuda el Dr. Antonio Leuza, de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, y la Dra. Marta Prades, de la Facultat de Veterinaria de la Universitat Autònoma de Barcelona, y paisana mia, sin los cuales no hubiese habido proyecto.

A Richard Greenwood y señora, de Newmarket, mi mentor. Nunca podré agradecerle suficientemente lo positivamente que ha influido en mi vida.

A mi Gran Familia de Zaragoza, la Tuna de Veterinaria, que me rescató de los momentos difíciles y tantas alegrías me ha dado. A Carmen, Jesús, Paula y Carmencita, por permitirme invadir su intimidad tantas veces y al mismo tiempo sentirme en casa.

A mis padres, que me educaron, y a Pepita y Rafael, que me malcriaron.

A Manolo, que tanto me ayudó.

A Yolanda,

A Beatriz y Miguel J., por el tiempo que no os he dedicado.

Índice

| | |
|--|----------|
| Índice | I |
| Índice de Tablas | V |
| Índice de Figuras | IX |
| Abreviaturas | XI |
| Resumen | XIII |
| Summary | XVII |
| 1. Introducción general | 1 |
| 1.1. Justificación | 1 |
| 1.2. Objetivos | 4 |
| 1.2.1. Objetivos generales | 4 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 4 |
| 2. Antecedentes y revisión bibliográfica | 5 |
| 2.1. Revisión anatómica | 5 |
| 2.1.1. Osteología | 5 |
| 2.1.2. Miología | 7 |
| 2.1.3. Sindesmología | 8 |
| 2.1.3.1. Articulaciones | 8 |
| 2.1.3.2. Ligamentos | 8 |
| 2.1.3.3. Artrocentesis y comunicaciones entre articulaciones | 10 |
| 2.2. Ángulo tarsal | 15 |
| 2.3. Consideraciones biomecánicas del tarso | 22 |
| 2.4. Osteoartrosis de las articulaciones distales del tarso | 24 |
| 2.4.1. Introducción | 24 |
| 2.4.2. Etiología y patogenia | 25 |
| 2.4.3. Factores predisponentes | 28 |
| 2.4.3.1. Edad | 28 |
| 2.4.3.2. Conformación tarsal | 29 |
| 2.4.3.3. Ejercicio | 32 |
| 2.4.3.4. Herraje | 33 |
| 2.4.3.5. Genética | 34 |
| 2.4.4. Prevalencia | 35 |
| 2.4.5. Diagnóstico | 37 |
| 2.4.5.1. Historial | 37 |
| 2.4.5.2. Sintomatología | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.5.3. Anestias diagnósticas | 42 |
| 2.4.5.4. Diagnóstico por tratamiento | 44 |
| 2.4.5.5. Diagnóstico por imagen | 44 |
| 2.4.5.5.1. Radiología | 45 |
| 2.4.5.5.1.1. Técnica radiológica | 45 |
| 2.4.5.5.1.2. Interpretación radiológica | 47 |
| 2.4.5.5.2. Gammagrafía | 51 |
| 2.4.5.5.3. Resonancia Magnética | 53 |
| 2.4.5.5.4. Tomografía Computarizada | 55 |
| 2.4.6. Pronóstico | 55 |
| 2.5. Biocinemática | 56 |
| 2.5.1 Aplicación al análisis de cojeras posteriores | 56 |
| 2.5.2. Movimientos compensatorios | 61 |
| 2.5.3. Biocinemática en el PRE | 62 |
| 3. Material y métodos | 65 |
| 3.1. Diseño del estudio | 65 |
| 3.2. Animales | 65 |
| 3.2.1. Criterios de inclusión y exclusión | 65 |
| 3.2.2. Animales estudiados | 66 |
| 3.3. Variables recogidas | 66 |
| 3.3.1. Identificación animal | 67 |
| 3.3.2. Morfología | 67 |
| 3.3.2.1. Ángulo tarsal | 67 |
| 3.3.2.1.1. Determinación mediante examen estático | 67 |
| 3.3.2.1.2. Determinación mediante examen dinámico | 68 |
| 3.3.2.2. Conformación tarsal | 72 |
| 3.4. Examen clínico | 75 |
| 3.4.1. Examen estático | 75 |
| 3.4.2. Examen dinámico | 75 |
| 3.5. Estudio biocinemático | 76 |
| 3.5.1. Preparación de la pista | 76 |
| 3.5.2. Colocación de marcadores en el animal | 76 |
| 3.5.3. Grabación mediante videocámaras | 77 |
| 3.5.4. Análisis de imágenes | 77 |
| 3.6. Estudio radiológico | 80 |
| 3.6.1. Equipos y accesorios | 80 |
| 3.6.2. Factores de exposición | 80 |
| 3.6.3. Proyecciones radiográficas | 80 |
| 3.6.4. Evaluación radiológica | 80 |
| 3.7. Análisis estadístico | 83 |

| | |
|---|------------|
| 4. Resultados | 85 |
| 4.1. Determinación del ángulo tarsal y correlación entre ángulos tarsales medidos mediante examen estático y dinámico | 85 |
| 4.2. Caracterización de la incidencia de esparaván en animales PRE de 3 años en la muestra estudiada | 87 |
| 4.3. Caracterización radiológica y clínica de los animales con esparaván | 87 |
| 4.3.1. Caracterización radiológica | 87 |
| 4.3.2. Caracterización clínica | 90 |
| 4.3.2.1. Palpación de la cara medial del tarso | 92 |
| 4.3.2.2. Descripción de la conformación | 92 |
| 4.3.3. Evaluación radiológica vs observación clínica de cojeras | 92 |
| 4.4. Asociación del ángulo tarsal y la conformación tarsal con la presencia de signos clínicos y radiológicos de esparaván | 95 |
| 4.4.1. Ángulos dinámicos vs observación clínica de cojeras | 95 |
| 4.4.2. Ángulos dinámicos vs evaluación radiológica | 95 |
| 4.4.3. Asociación del ángulo tarsal y la conformación | 97 |
| 4.4.4. Conformación vs observación clínica de cojeras | 97 |
| 4.4.5. Conformación vs evaluación radiológica | 98 |
| 4.5. Asociación del ángulo tarsal con la protracción/retracción de la extremidad posterior | 99 |
| 4.5.1. Evaluación de la protracción/retracción | 99 |
| 4.5.2. Protracción/retracción vs ángulos dinámicos | 100 |
| 4.6. Asociación de la protracción/retracción de la extremidad posterior con la presencia de signos clínicos y radiológicos de esparaván | 100 |
| 4.6.1. Protracción/retracción vs observación clínica de cojeras | 100 |
| 4.6.2. Protracción/retracción vs evaluación radiológica | 103 |
| 5. Discusión | 107 |
| 6. Conclusiones | 123 |
| 7. Referencias bibliográficas | 125 |
| 8. Anexos | 139 |
| Anexo I. Calificación Morfológica Lineal del caballo de PRE | 139 |
| Anexo II. Sistema de medición morfométrico en 3-D (Poucet 2007) | 141 |
| Anexo III. Cortes RM de la región tarsal | 145 |

Índice de Tablas

3. Material y métodos

| | |
|--|----|
| Tabla 3.1. Distribución por sexo y edad de los animales estudiados | 66 |
|--|----|

4. Resultados

| | |
|--|----|
| Tabla 4.1.1. Diferencias entre mediciones pareadas del ángulo tarsal: dinámicas (promedio de tres mediciones) y estáticas | 85 |
| Tabla 4.1.2. Diferencias entre tres mediciones dinámicas repetidas del ángulo tarsal según la extremidad | 86 |
| Tabla 4.1.3. Diferencias entre mediciones dinámicas repetidas del ángulo tarsal según la medición y la extremidad | 87 |
| Tabla 4.2.1. Evaluación radiológica (RX) por animal, indicando presencia unilateral o bilateral en la articulación centrodial (CD) y/o tarsometatarsiana (TMT) | 87 |
| Tabla 4.3.1. Evaluación radiológica (RX) por animal, indicando presencia unilateral o bilateral de lesiones radiológicas (entre paréntesis % sobre el total) | 88 |
| Tabla 4.3.2. Presentación simultánea entre evaluaciones radiológicas (RX) por animales (n=25) | 88 |
| Tabla 4.3.3. Presentación simultánea entre evaluaciones radiológicas (RX) por animales con esparaván (n=15) | 88 |
| Tabla 4.3.4. Concordancia entre evaluaciones radiológicas (RX) por extremidades | 89 |
| Tabla 4.3.5. Evaluación radiológica (RX) según la extremidad | 89 |
| Tabla 4.3.6. Localización de la lesión radiológica centrodial y/o tarsometatarsiana (n=50) | 89 |
| Tabla 4.3.7. Graduación radiológica (RX) por extremidades (n=50) | 90 |
| Tabla 4.3.8. Presentación de osteofitos en el borde dorsoproximal del tercer metatarsiano por extremidades (n=50) | 90 |
| Tabla 4.3.9. Observación clínica de cojeras por animal en las tres pruebas realizadas | 90 |
| Tabla 4.3.10. Observación clínica de cojeras según la extremidad | 91 |
| Tabla 4.3.11. Concordancia entre las observaciones clínicas de cojeras por extremidades | 91 |
| Tabla 4.3.12. Graduación de intensidad de cojera por extremidades | 91 |
| Tabla 4.3.13. Graduación de intensidad de cojera en extremidades cojas | 92 |
| Tabla 4.3.14. Asociación entre la conformación en vistas caudal y lateral (n=23) | 92 |
| Tabla 4.3.15. Distribución de animales según presentación de cojeras a la flexión (CJ) y signos radiológicos (SR) globales (n=22) | 93 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.3.16. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) centrodistales (CD) y/o tarsometatarsianas (TMT) por animal | 93 |
| Tabla 4.3.17. Distribución de animales según presentación de cojeras a la flexión (CJ) y signos radiológicos (SR) en la articulación centrodistal (CD) (n=22) | 93 |
| Tabla 4.3.18. Distribución de animales según presentación de cojeras a la flexión (CJ) y signos radiológicos (SR) en la articulación tarsometatarsiana (TMT) (n=22) | 93 |
| Tabla 4.3.19. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) centrodistales (CD) por animal | 94 |
| Tabla 4.3.20. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) tarsometatarsianas (TMT) por animal | 94 |
| Tabla 4.3.21. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) en articulación centrodistal (CD) y tarsometatarsiana (TMT) por extremidades | 94 |
| Tabla 4.4.1. Asociación de ángulos tarsales con la observación clínica de cojeras | 95 |
| Tabla 4.4.2. Asociación de ángulos tarsales con las lesiones radiológicas | 95 |
| Tabla 4.4.3. Asociación de la medición dinámica de ángulos pareados con las lesiones radiológicas centro-distales (en negrita, extremidades con lesión) | 96 |
| Tabla 4.4.4. Asociación de la medición dinámica de ángulos pareados con las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas (en negrita, extremidades con lesión) | 96 |
| Tabla 4.4.5. Asociación de la medición dinámica de ángulos pareados con las lesiones radiológicas CD y/o TMT (en negrita, extremidades con lesión) | 96 |
| Tabla 4.4.6. Ángulos dinámicos vs conformación en vista caudal | 97 |
| Tabla 4.4.7. Ángulos dinámicos vs conformación en vista lateral | 97 |
| Tabla 4.4.8. Prevalencias de cojera en flexión según la conformación en vistas caudal y lateral | 97 |
| Tabla 4.4.9. Prevalencias de lesión radiológica centrodistal según la conformación en vistas caudal y lateral (n=46) | 98 |
| Tabla 4.4.10. Prevalencias de lesión radiológica tarsometatarsiana según la conformación en vistas caudal y lateral (n=46) | 98 |
| Tabla 4.4.11. Prevalencias de lesiones radiológicas centrodistal y/o tarsometatarsiana según la conformación en vistas caudal y lateral (n=46) | 99 |
| Tabla 4.5.1. Diferencias entre mediciones pareadas de protracción y retracción expresadas en grados | 99 |
| Tabla 4.5.2. Diferencias entre mediciones pareadas de rango expresadas en grados | 100 |
| Tabla 4.5.3. Correlación entre el ángulo dinámico y las medidas cinemáticas de protracción, retracción y rango | 100 |
| Tabla 4.6.1. Asociación de las cojeras observadas en trote en línea con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 101 |
| Tabla 4.6.2. Asociación de las cojeras observadas en trote en línea con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 101 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.6.3. Asociación de las cojeras observadas en trote en línea con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 101 |
| Tabla 4.6.4. Asociación de las cojeras observadas en trote en círculo con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 102 |
| Tabla 4.6.5. Asociación de las cojeras observadas en trote en círculo con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 102 |
| Tabla 4.6.6. Asociación de las cojeras observadas en trote en círculo con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 102 |
| Tabla 4.6.7. Asociación de las cojeras observadas en flexión con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 103 |
| Tabla 4.6.8. Asociación de las cojeras observadas en flexión con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 103 |
| Tabla 4.6.9. Asociación de las cojeras observadas en flexión con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados | 103 |
| Tabla 4.6.10. Asociación de lesiones radiológicas centro-distales con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 104 |
| Tabla 4.6.11. Asociación de las lesiones radiológicas centro-distales con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 104 |
| Tabla 4.6.12. Asociación de las lesiones radiológicas centro-distales con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 104 |
| Tabla 4.6.13. Asociación de las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 105 |
| Tabla 4.6.14. Asociación de las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 105 |
| Tabla 4.6.15. Asociación de las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 105 |
| Tabla 4.6.16. Asociación de las lesiones radiológicas en articulación centro-distal y/o tarso-metatarsiana con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 106 |
| Tabla 4.6.17. Asociación de las lesiones radiológicas en articulación centro-distal y/o tarso-metatarsiana con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 106 |
| Tabla 4.6.18. Asociación de las lesiones radiológicas en articulación centro-distal y/o tarso-metatarsiana con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados | 106 |

Índice de Figuras

2. Antecedentes y revisión bibliográfica

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. Disposición de los huesos tarsianos | 6 |
| Figura 2.2 Esquema de la inserción de los tendones de los músculos <i>tibialis cranealis</i> y <i>peroneus tertius</i> | 7 |
| Figura 2.3. Esquema de los ligamentos colaterales laterales | 8 |
| Figura 2.4. Esquema de los ligamentos colaterales mediales | 9 |
| Figura 2.5. Esquema de los ligamentos tarsales interóseos | 10 |
| Figura 2.6. Diferentes marcadores cutáneos en morfometría fotográfica | 17 |
| Figura 2.7. Ángulo tarsal calculado mediante radiología | 22 |
| Figura 2.8. Conformación de corvejón: remetido (A), quebrado (B), recto (C) y plantado (D) | 29 |
| Figura 2.9. Conformación normal del corvejón en vista lateral | 30 |
| Figura 2.10. Conformación normal (A), cerrado (B) y abierto (C) del corvejón según vista caudal | 30 |
| Figura 2.11. Desviación rotacional del tarso determinando corvejones cerrados en aplomos normales (A) y en aplomos cerrados (B) | 31 |
| Figura 2.12. Herraduras con ramplones en talones | 34 |
| Figura 2.13. Herradura con excesivo desgaste en lumbres y cuarto lateral | 39 |
| Figura 2.14. Radiografías mostrando cambios asociados a OA a nivel microscópico: lesión periarticular, defectos en la línea de mineralización y osteofito “central” | 50 |
| Figura 2.15. Radiografías mostrando mineralización focal en el espacio interóseo centrodistal | 51 |

3. Material y métodos

| | |
|--|----|
| Figura 3.1 Programa Measure 2.0 sobre la fotografía abierta con visor de imágenes: colocación del punto de intersección en tarso y las líneas que siguen el eje de la tibia y caña | 68 |
| Figura 3.2. Disposición de las cámaras en la pista de grabación, y accesorios para calibración | 70 |
| Figura 3.3. Programa Kinovea a doble pantalla para comprobar que la grabación de la cámara lateral era de calidad eliminando los movimientos de lateralidad del équido | 71 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.4. Las imágenes captadas del programa Kinovea se abrieron con el visor de imágenes y se calcularon los ángulos tarsales mediante la aplicación Meazure 2.0 | 71 |
| Figura 3.5. Vista lateral, utilización de gradilla y regleta del programa Meazure 2.0 | 73 |
| Figura 3.6. Vista caudal, utilización de gradilla y regleta del programa Meazure 2.0. Conformación cerrado de corvejones, vista caudal | 73 |
| Figura 3.7. Conformación normal, vista caudal | 74 |
| Figura 3.8. Conformación valgus, vista caudal | 74 |
| Figura 3.9. Ángulo mínimo (mín; Protracción) | 78 |
| Figura 3.10. Ángulo Máximo (Max; Retracción) | 78 |
| Figura 3.11. Programa SMVD 2.0 calculando el ángulo Mínimo (mín; Protracción) | 79 |
| Figura 3.12. Programa SMVD 2.0 calculando el ángulo Máximo (Max; Retracción) | 79 |
| Figura 3.13. Graduación de la articulación tarsometatarsiana y centro distal como tipo 1 según lesiones radiológicas | 82 |
| Figura 3.14. Graduación como tipo 2 de la articulación centrodistal y tipo1 de la tarsometatarsiana según lesiones radiológicas | 82 |

Abreviaturas

| | |
|------|---|
| 1+2T | Primer y Segundo Tarsal (fusionados) |
| 2MT | Segundo Metatarsiano |
| 3MT | Tercer Metatarsiano |
| 3T | Tercer Tarsal |
| 4MT | Cuarto Metatarsiano |
| 4T | Cuarto Tarsal |
| AAEP | <i>American Association of Equine Practitioners</i> |
| BEVA | <i>British Equine Veterinary Association</i> |
| CB | <i>Coldblood</i> |
| CD | Articulación CentroDistal o DIT |
| CT | Central Tarsal |
| DDFT | Tendón del Flexor Digital Profundo |
| FEIF | <i>International Federation of Icelandic Horse Associations</i> |
| MPA | Acetato de Metil-Prednisolona |
| OA | Osteoartritis, enfermedad articular degenerativa |
| PRE | Pura Raza Española |
| PSI | Pura Sangre Inglés |
| QH | <i>Quarter Horse</i> |
| RMA | Rango de Movimiento Articular |
| RM | Resonancia Magnética |
| SB | <i>Standardbred</i> |
| SCB | Hueso subcondral |
| SDFT | Tendón del Flexor Digital Superficial |
| TC | Tomografía Computarizada |
| TCC | Articulación TaloCalaneoCentral |
| TMT | Articulación TarsoMetaTarsiana |
| WB | <i>Warmblood</i> |

Resumen

La osteoartritis (OA) de las articulaciones distales del tarso es un proceso patológico muy frecuente por lo que ha sido objeto de abundantes revisiones y estudios que lo caracterizan. No obstante hay escasos trabajos previos que estudien cómo puede afectar el ángulo tarsal y la conformación de esta región en su aparición, ciñéndose exclusivamente a razas como el caballo Islandés. Tradicionalmente se ha considerado que los animales con bajos ángulos tarsales en vista lateral son propensos a padecer esta enfermedad. Puesto que algunos trabajos parecen indicar que los caballos de Pura Raza Española (PRE) suelen tener ángulos tarsales pequeños se ha diseñado un estudio para poder confirmar o no esta creencia y valorar su posible relación con la presencia de esparaván en ejemplares jóvenes de esta raza. Además, al igual que se ha hecho en otras razas, se pretende caracterizar clínica y radiológicamente esta enfermedad en ese tipo de animales, valorando también algunos aspectos biocinemáticos de su locomoción.

Se han seleccionado y estudiado en las propias explotaciones ganaderas, a 25 potros y potras PRE entre 36 y 48 meses de edad con un nivel de ejercicio propio de recién desbravado o iniciación a la doma. A estos animales se les han determinado su ángulo tarsal (al tiempo que se estudiaba su conformación tarsal) mediante procedimientos estáticos (fotogramas con el animal cuadrado) y procedimientos dinámicos (fotogramas en media estancia mediante videocinemática al paso) para aplicar sobre ellos un programa de cálculo de ángulos. A cada animal se le ha realizado un examen subjetivo de locomoción que incluye observación al trote en línea, trote en círculo y resultado a la flexión global de cada extremidad, tras lo cual se procedió a realizar un examen radiológico del tarso. Finalmente se estudiaron los ángulos de protracción, retracción y rango de movimiento articular de sus extremidades posteriores mediante videocinemática en dos dimensiones.

En la población estudiada se obtuvo un ángulo tarsal estático de $148,42 \pm 2,65^\circ$ y un ángulo tarsal dinámico de $149,25 \pm 2,62^\circ$. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos de determinación del ángulo tarsal ($p=0,107$). La consistencia de la medición del ángulo tarsal dinámico fue alta, con un coeficiente de correlación intraclase alto y significativo ($ICC=0,850$; $p<0,001$).

El 60% de los animales estudiados presentaron esparaván (signos radiológicos compatibles con OA en alguna de las articulaciones distales del tarso de alguna de sus extremidades). De ellos, el 66,7% presentaban lesión bilateral (40% del total) y un

33,3% (20% del total) solo esparaván unilateral. El 56% de los animales presentaron lesión en la articulación tarsometarsiana (TMT) y el 32% en la articulación centrodial (CD), mientras que el 28% presentaba lesión en ambas zonas a la vez. La localización de las lesiones se centró en el aspecto dorsolateral (48%) y dorsal (36%) del tarso, solo apareciendo un 16% de lesiones en la cara dorsomedial. La graduación radiológica de los animales con lesión correspondió mayoritariamente, tanto en la TMT (90,9%) como en la CD (90,9%) a la categoría 1, no encontrándose en ningún caso categoría 3.

Se observaron en el total de animales un 20% de cojeras al trote en línea recta, un 56% al círculo y un 27,2% a la flexión global de la extremidad posterior, caracterizándose una graduación en cada una de ellas de tipo 1 en el 100%, 81,25% y 50%; y del tipo 2 en el 0%, 18,75% y 50% respectivamente. No se apreciaron cojeras de graduación mayor a tipo 2.

En relación a la conformación tarsal en vista lateral, el 60,9% de animales eran quebrados de corvejones, y el 39,1% remetidos de detrás, así como en vista caudal el 30,4% eran normales, el 43,5% cerrados de corvejones y el 26,1% valgus, es decir, ninguno de los animales incluidos en nuestro estudio tenía una conformación perfecta de los corvejones.

El 27,3% del total de animales presentaban signos radiológicos y cojera simultáneamente, el 31,8% solo signos radiológicos (sin cojera concomitante) y el 40,9% no presentaron cojera ni signos radiológicos. No se observaron cojeras sin signos radiológicos.

Nuestros resultados mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre el ángulo dinámico tarsal ni entre las extremidades cojas y sanas, ni entre los animales con y sin esparaván, en ninguna de las tres pruebas clínicas realizadas. Asimismo se observó que no existen diferencias significativas entre el ángulo tarsal dinámico de las extremidades sanas frente a las lesionadas para ninguna de las lesiones radiológicas articulares, determinando que no existe una relación significativa entre el ángulo tarsal y la aparición de lesiones radiológicas.

Los resultados determinaron que no existían diferencias significativas en las conformaciones de quebrado y remetido de corvejones en relación a sus ángulos tarsales en vista lateral. No pudimos determinar una mayor presentación de cojeras a la flexión en relación a ninguna conformación o asociación de conformaciones. Los resultados indicaron que a pesar de no existir una relación significativa entre la aparición de signos radiológicos de OA de las articulaciones distales del tarso con la conformación valgus tarsal para cada extremidad, sí que se apreció una tendencia a padecer OA en las extremidades con conformación de valgus, especialmente cuando la conformación lateral era remetida.

El método videocinemático de dos dimensiones utilizado en campo para la medición de ángulos de protracción, retracción y rango de movimiento articular de las extremidades posteriores nos ha proporcionado resultados paradójicos y en muchas ocasiones contradictorios, sin poder obtener una tendencia clara que correlacione la presencia de cojera o signos radiológicos con un patrón locomotor concreto.

En definitiva podemos decir que en la muestra estudiada de PRE de 3 años sin comenzar el entrenamiento, encontramos unos ángulos tarsales pequeños y malas conformaciones tarsales, así como una alta incidencia de signos radiológicos de OA distal del tarso, estando mayoritariamente localizados en la articulación TMT y en la aspecto dorsolateral del tarso. Estas lesiones fueron mayoritariamente de grado radiológico muy ligero y por lo general los animales presentaron cojeras de leve intensidad. Nuestros datos, sin embargo, no permitieron establecer ninguna asociación entre el ángulo tarsal y las características clínicas o radiológicas del esparaván.



Summary

Distal tarsal osteoarthritis is a common process in the horse and therefore the subject of important studies and reviews. However there are few previous studies that statistically relate how tarsal angle and tarsal conformation could influence its presentation, mainly centered in breeds such as the Icelandic horse. It is said that equines with low tarsal angles in a lateral view are prone to suffer from this disease. Because some of the former studies about Spanish Pure Breed (PRE) horses have shown a tendency to low tarsal angles, a study was designed to confirm this and to evaluate its likely relationship with the presence of bone spavin in young animals of this breed. Furthermore, as in other breeds, the study will investigate the clinical and radiological characterization of the disease in PRE horses, as well as the typical bio kinematic locomotive parameters.

In breeding farms, the study population, comprising of 25 PRE females and males 36 to 48 months old all having been just broken or recently introduced to simple dressage, was subject to tarsal angle determination (as well as tarsal conformation) using static photography with animals standing and moving (dynamic), using stills from videos with animals moving at a walking pace. Each animal had a subjective locomotion exam which included straight trot, trot in circles and high flexion test of the hind legs, after which its hocks were radiographed. Finally its protraction and retraction angles, as well as the range of motion of its hind legs, were studied by two dimensional video kinematics.

In the sampled population the tarsal angle obtained was $148.42 \pm 2.65^\circ$ for the static method and $149.25 \pm 2.62^\circ$ for the dynamic one. There was no statistical difference between both methods of tarsal angle calculation ($p=0.107$). The value of the dynamic tarsal angle calculation was high, with an intraclass correlation coefficient high and significant ($ICC=0.850$; $p<0.001$).

Sixty percent (60%) of studied animals showed bone spavin (radiographic signs compatible with osteoarthritis of any of the distal tarsal joints in any hind limb). Of them, 66.7% were affected bilaterally (40% of total sample) and 33.3% (20% of total sample) on only one limb. Fifty six percent (56%) of total animals showed lesions in the tarsometatarsal joint (TMT), 32% in the centrodistal (CD) joint, and 28% in both. Location of lesions was mainly in the dorsolateral (48%) and dorsal (36%) aspect of the tarsus, with only 16% showing lesions on the dorsomedial aspect. Regarding radiological grading of joints with lesions, these were mainly grade 1 in 90.9% of both TMT and CD, without any of them being grade 3.

The overall lameness in straight trot was in 20% of the animals, 56% at lunge and 27.2% after hindlimb upper limb flexion test, with an AAEP grading score of type 1 in 100%, 82.25% and 50%; and type 2 in 0%, 18.75% and 50% respectively. There was no animal with higher scoring lameness.

Describing tarsal conformation in lateral view, 60.9% of total animals were sickle hocked and 39.1% camped-under, and on the caudal view animals were 30.4% straight hocked, 43.5% cow hocked and 26.1% were in-at-the-hock (tarsal valgus). Therefore, none of the animal in the sampled population had a standard conformation.

From total sample, 27.3% of animals showed radiographic signs of bone spavin with concurrent lameness, 31.8% showed only radiographic signs without lameness and in 40.9% of animals no finding was detected (no lameness or radiographic signs). None of the animals were lame without radiographic signs.

The results from this study show that there was no statistical significant difference in the dynamic tarsal angle between sound and lame animals, neither horses with and without bone spavin, in any of the three test performed. In the same way, there was no statistical significant difference of dynamic tarsal angle between sound and radiologically affected limbs. Therefore the results can not substantiate a significant relationship between the tarsal angle and the presence of radiological signs of bone spavin.

The results showed that there was not a significant difference between tarsal angles in a lateral view for sickle-hocked or camped under conformation. It was not possible to demonstrate a higher level of lameness after hindlimb upper limb flexion test relating to either conformation or association of conformations. Although it was not possible to demonstrate a significant relationship between the presence of radiological signs of OA in any of the distal tarsal joints and valgus conformation in any limb, there did appear to be a tendency to have OA in limbs with valgus conformation, especially when associated with concurrent camped under conformation.

The two dimensional videokinematic method used in this study under field conditions for the calculation of hindlimb protraction and retraction angles, as well as the range of hindlimb motion, has offered paradoxical and, in many cases, contradictory results. Ultimately it was not possible to obtain a clear correlation between lameness or radiological signs of OA, with a particular pattern of locomotion.

Finally, we can conclude that in our sample of 3 years old PRE horses without previous training, we found small tarsal angles and incorrect tarsal conformation, with high incidence of radiological signs of distal tarsal OA, mainly located in the TMT joint and in the dorsolateral aspect of tarsus. These lesions showed a slight radiological level in most of cases, and commonly the animals suffer lameness of very low grade. However, our data did not allow us to establish any statistical association between tarsal angle and the clinical and radiological characterization of bone spavin.

1

Introducción general

1.1. Justificación

El principal objetivo del criador de caballos de Pura Raza Española (PRE) (como de cualquier otra raza) es producir animales con mejores aptitudes que los existentes, en una doble vertiente: aumentar su funcionalidad y crear caballos más atractivos para captar más compradores.

Si bien esta segunda vertiente está fuera del alcance del área de la medicina y cirugía veterinaria, dependiendo de factores comerciales aunque también genéticos, la primera tiene una importantísima relación con nuestra profesión de clínicos veterinarios, podríamos decir que desde nuestros orígenes, pues función y disfunción están eternamente ligadas.

El caballo PRE morfológicamente ha sufrido cambios relacionados con su aptitud, pues desde su uso con fines militares y de trabajo en el campo se ha pasado a otro lúdico que podríamos diferenciarlo en dos clases: una gran mayoría de su población en manos de propietarios cuyo único destino es actividades de paseo, iniciación a la doma y festividades; y por otro lado una minoría a la que se le exige un rendimiento deportivo elevado, a nivel autonómico, nacional e internacional, principalmente en modalidades de doma vaquera, doma clásica y enganche.

Esta polaridad tan acusada, junto a la inexistencia, hasta el momento, de un ente con la misión específica de estudiar el comportamiento médico deportivo del PRE es responsable de la relativa falta de datos sobre funcionalidad y patologías asociadas en nuestra raza. No ocurre lo mismo con otras razas, pues salvando las enormes distancias de repercusión económica que manejan, llevan décadas obteniendo información a partir de la cual diseñar estrategias de prevención y mejora.

No vamos a utilizar los datos de los caballos Pura Sangre Inglés (PSI) de carreras sobre factores de riesgo y porcentajes de fracaso motivados por causas ortopédicas (Cruz, 2004), pero sí que esbozaremos brevemente lo que se conoce en dos poblaciones deportivas muy importantes en Europa: Wallin y colaboradores (2000), detallan que la causa más corriente de muerte o eutanasia en caballos *Warmblood* (WB) en Suecia son los problemas musculoesqueléticos, correspondiendo un 56-57% del total, y en el caso de caballos de sangre fría supone un 14%; en el trabajo de Sloet y colaboradores (2010) se detalla que un 21,8% y un 23,9% de caballos de deporte en Holanda sufren interrupciones temporales de entrenamiento o fin de su carrera

deportiva, respectivamente, por motivos veterinarios. De ellos, la mayoría corresponden a problemas ortopédicos (63,7%).

Este año, el *National Equine Health Survey* (NEHS) de Reino Unido ha obtenido casi 15.000 respuestas donde se ha puesto de manifiesto que un tercio del total corresponde a animales con afecciones, y de éstos el principal síndrome en la población de caballos, ponis, asnos y mulas corresponde a cojeras (18%), de las cuales el 13,5% se adjudican a procesos en extremidades como osteoartritis (OA), mientras que las correspondientes al casco representan el 4,6%, independientemente de un 6,4% de infosuras (Slater 2015).

Como vemos, el componente musculo-esquelético es definitivo en esta especie animal cuyo fundamento y actual razón de ser es su aptitud para el movimiento, y de entre las disciplinas en que el PRE es utilizado, en todas se coincide en recalcar la importancia de las patologías que residen en el tarso: en Reino Unido es la tercera patología más frecuente en doma de élite (16,9%) y en raid (15%) (Murray *et al.* 2006; 2010).

Cuando hablamos del tarso, hay un proceso que destaca sobre todas sus patologías, que es la OA de las articulaciones distales, llamado coloquialmente esparaván. Esta es una patología especialmente remarcable de esta región anatómica, no sólo por ser bien conocido desde la antigüedad (Hani *et al.* 1994), sino también, y fundamentalmente, por su frecuencia, pues tal como manifiestan Boswell y colaboradores (2003) es la segunda causa más frecuente de cojera en el caballo de salto y la primera en cojeras posteriores; según Jackman (2004) es la causa más frecuente de disminución del rendimiento en el caballo *western*; también Kold y Dyson (2003) la refieren como una de las diez causas más frecuentes de cojera en caballos de doma clásica; los resultados de Ferrero (2003) muestran que en el caballo de *western* europeo es muy frecuente y asociada en los animales de dos años al colapso de los huesos Tercer Tarsal (3T) y Central Tarsal (CT).

En nuestro conocimiento, los primeros datos objetivos publicados sobre la prevalencia del esparaván en el PRE los aportan Novales y colaboradores (2000) y Hernández (2003) (ambos de la Universidad de Córdoba), pues hasta entonces se ha venido extrapolando los conocimientos que existían referentes a otras razas. También de la Universidad de Córdoba proceden los primeros datos biocinemáticos del PRE (Galisteo *et al.* 1996; Cano 1999).

Visto el efecto de los defectos de aplomo en la presentación de patologías en el PRE en una muestra de diferentes edades (De Souza 2000), la Dra. Marta Prades (de la Universidad Autónoma de Barcelona) planteó al doctorando estudiar el entorno del esparaván en animales PRE desde una perspectiva amplia, combinando clínica, videocinematografía y radiología, donde la influencia de la edad, ejercicio, herraje, etc. se pudiese disminuir al máximo, siempre y cuando no se mermara la habilidad o madurez para permitir realizar las oportunas manipulaciones y movimientos.

Del mismo modo, dada la escasez de datos, ya no solo del PRE sino de la mayoría de razas, que se disponen sobre el ángulo tarsal (en vista lateral) en relación al esparaván, y como elemento objetivo de evaluación intrínsecamente relacionado a la conformación, decidimos profundizar en su caracterización. Para ello era necesario disponer de animales con un crecimiento óseo tarsal finalizado, por lo que nuestro estudio se centró en animales que superasen los 36 meses, pero al mismo tiempo no superasen los 48 meses, recién desbravados o sometidos a un nivel mínimo de ejercicio, de tipo “iniciación” a la doma.

La documentación existente sobre la influencia de algunas conformaciones tarsales (remetido y quebrado) en la aparición del esparaván es abundante, pero a excepción de los investigadores del caballo Islandés que midieron el ángulo tarsal con un goniómetro (Axelson *et al.* 2001), todos utilizan una evaluación visual subjetiva con graduación cualitativa por lo que resulta difícil realizar comparaciones entre animales o razas.

Ambos defectos de aplomo suponen visualmente una disminución del ángulo tarsal, y así se establece para el quebrado de corvejones (Holmström *et al.* 1990; Axelsson *et al.* 2001). De hecho Ross (2003a), además, mantiene que el remetido puede estar asociado al quebrado (independientemente que existan remetidos y al mismo tiempo rectos de corvejón).

Visto que ciertos estudios conformacionales han utilizado imágenes fotográficas, bien directas (Magnusson 1985; Holmström *et al.* 1990; Anderson y McIlwraith, 2004), bien fotogramas procedentes de grabaciones de video (Hunt *et al.* 1999), un aspecto importante de nuestro trabajo ha sido utilizar la fotografía digital sobre la que aplicar un programa de tratamiento de imágenes que permitiese calcular el ángulo tarsal de nuestros animales PRE, para determinar con más precisión su ángulo tarsal.

Con toda la información obtenida mediante este estudio podremos enfrentar los ángulos tarsales de nuestra muestra con los resultados clínicos, y de esta forma determinar si existe relación entre el ángulo tarsal del PRE y la OA de las articulaciones distales del tarso. En nuestro conocimiento no existe ningún trabajo publicado que estudie estos aspectos en el PRE.

Por último, mediante la caracterización radiológica de nuestra muestra de animales PRE podremos colaborar ofreciendo información para la toma de decisiones en programas rutinarios radiológicos en animales jóvenes de nuestra raza, tal como se están desarrollando en otras razas para la detección precoz de lesiones osteoarticulares (Robert *et al.* 2006; Ley *et al.* 2015). Así mismo, también puede aportar información tanto en los procedimientos de exámenes de precompra en animales jóvenes, como en la evaluación de animales pendientes de calificación como futuros reproductores calificados para la raza PRE.

No puedo dejar de comentar la importancia que ha tenido en el desarrollo de esta tesis la influencia de los estudios realizados sobre el caballo de raza Islandesa, pues desde finales de los 90 la Federación Internacional de Asociaciones de Criadores de esta raza, a través de diferentes investigadores de la Facultad de Veterinaria de Uppsala (Suecia), y del *Hólar Agriculture College* en Islandia, liderados por la Dra. Sigridur Bjönsdóttir (*Islandic Food and Veterinary Authority*), han publicado abundante información que sin duda ha sido muy útil y que nos ha motivado a realizar algo equiparable en nuestra raza.

Por todo lo anteriormente expuesto nos planteamos desarrollar un estudio en relación a la base principal del conocimiento del ángulo tarsal para comprender su influencia en la presentación de la artritis de las articulaciones tarsales distales y la tarsometatarsiana en équidos de PRE de 3 años de edad.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos generales

Los objetivos generales de esta tesis doctoral son:

- Determinar las características y forma de presentación del esparaván en potros PRE de 3 años de edad.
- Conocer la relación entre el ángulo tarsal y la presentación de esparaván en caballos PRE de 3 años de edad.

1.2.2. Objetivos específicos

En estos objetivos generales se incluyen los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar el ángulo tarsal de los animales objeto del estudio y la correlación entre ángulos tarsales medidos por métodos estáticos y dinámicos.
2. Caracterizar la incidencia de esparaván en PRE de 3 años en la muestra estudiada.
3. Caracterizar radiológica y clínicamente los animales con esparaván.
4. Determinar la asociación del ángulo tarsal y la conformación tarsal con la presencia de signos clínicos y radiológicos de esparaván.
5. Determinar la asociación del ángulo tarsal con la protracción/retracción de la extremidad posterior.
6. Determinar la asociación de la protracción/retracción de la extremidad posterior con la presencia de signos clínicos y radiológicos de esparaván.

2

Antecedentes y revisión bibliográfica

2.1. Revisión anatómica

2.1.1. Osteología

Son siete los huesos que componen la articulación tarsiana, y aunque tradicionalmente los situados en el nivel proximal y más voluminosos, talus (astrágalo o tarsotibial) y calcáneo (o tarsoperoneo), han ocupado la atención del clínico por su responsabilidad en el movimiento, en nuestro caso hemos de detallar los pequeños huesos “cuboidales” que bien por su aportación a la patología que nos incumbe, bien por ser referentes en el abordaje diagnóstico y quirúrgico, nos es imprescindible estudiar: en el nivel intermedio se ubican el CT y cuarto tarsiano (4T), el cual también comparte espacio con los del nivel distal, a saber el tercer tarsiano (3T) y el segundo tarsiano (1+2T), sin olvidarnos del primer tarsiano habitualmente fusionado al segundo (Figura 2.1) :

- El talus (astrágalo) principalmente destaca por su tróclea cuyos labios se disponen en espiral hacia delante, hacia abajo y afuera formando un ángulo de 12 a 15° con relación al plano sagital (Sisson y Grossman 1959). Ésta articula exactamente con la cóclea tibial.
- El calcáneo es el más voluminoso, alargado y aplanado transversalmente, interviniendo críticamente en el apoyo a los músculos extensores del tarso.
- El CT se dispone bajo el astrágalo y sobre el 3T, articulando también con el 4T. Su cara dorsal y medial es medianamente convexa y rugosa.
- El 4T es cuboidal, articula principalmente con el calcáneo, así como el CT, 3T, metatarsianos cuarto (4MT) y tercero (3MT). Su cara interna está atravesada por un surco que junto con el 3T y el CT constituye el canal vascular tarsiano.
- El 3T se dispone bajo el CT y sobre el 3MT, articulando también con el 4T y el 1+2T. Su cara dorsal y medial es convexa, con una cresta redondeada en su parte medial.
- El 1+2T están fusionados, disponiéndose el conjunto debajo del central y detrás del 3T, sobre 2MT y 3MT. En su cara medial, porción anterior, se inserta el ligamento colateral medial largo, y en su parte posterior, el tendón medial del *tibialis cranealis* (Sisson y Grossman 1959).

Figura 2.1. Disposición de los huesos tarsianos.



1+2T: Primer y Segundo Tarsal (fusionados); 3T: Tercer Tarsal; 4T: Cuarto Tarsal; CT: Central Tarsal

Para una mejor comprensión de la disposición de los huesos que forman parte del tarso, recomendamos la visualización de la web Limb Anatomy del Dr. Alexander Zur Linden (Iowa State University, EEUU).

Con el fin de facilitar el acceso a algunos recursos multimedia que se citan en esta Tesis Doctoral incluimos códigos QR que permiten acceder directamente a dichos recursos.



Limb Anatomy

Dr. Alexander Zur Linden (Iowa State University)

<http://vetmed.iastate.edu/limbanatomy/horse.html>

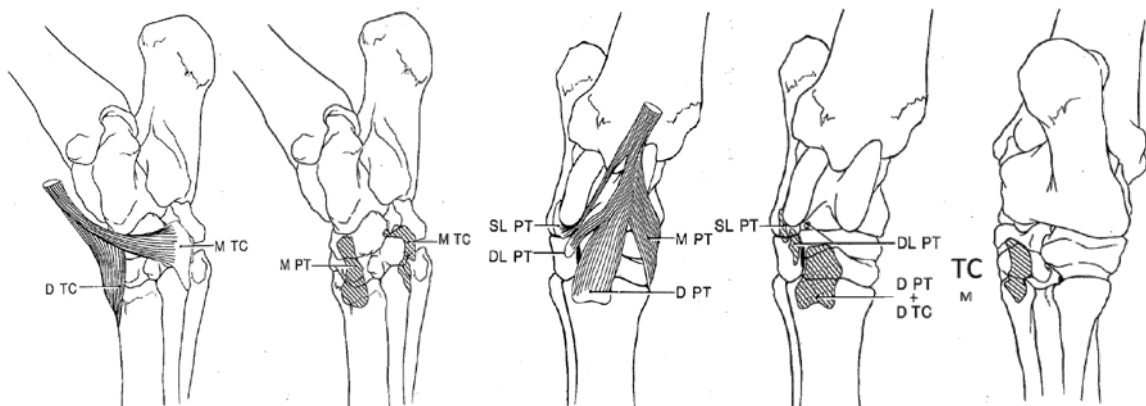
2.1.2. Miología

Podemos diferenciar dos grandes grupos funcionales de músculos que interactúan en el tarso: por un lado, en la cara anterior se ubican los flexores, por otro, en la cara plantar, los extensores.

Entre los primeros se encuentra el *peroneus tertius* (peroneo anterior, tercer peroneo) con tres inserciones: el tendón dorsal con una amplia inserción en la cara dorsolateral del central tarsal (distalmente), del 3T y 3MT (proximalmente); los tendones lateral superficial y profundo con otra inserción lateral en el calcáneo y en el 4T; y el tendón medial que se inserta en las eminencias rugosas mediales del CT, 3T y 3MT proximalmente.

Por otro lado destaca el músculo *tibialis cranealis* (tibial craneal, tibial anterior) cuyo tendón emerge de entre el *peroneus tertius* (forma una estructura tipo túnel, actuando como un retináculo) para dar una rama medial y otra dorsal. La rama medial (“tendón cuneano”) se inserta en la zona medioplantar de la cabeza del 2MT, en la superficie rugosa medioplantar del 1+2T, y en una zona muy pequeña inmediatamente proximal en el CT (separado del ligamento dorsal tarsal y del tendón medial del *peroneus tertius* mediante la “bursa cuneana”). La rama dorsal se insertará en la zona rugosa craneolateral del extremo proximal del 3MT y zona inmediatamente superior del 3T (Updike 1984b) (Figura 2.2).

Figura 2.2 Esquema de la inserción de los tendones de los músculos *tibialis cranealis* y *peroneus tertius*.



TC: *Tibialis cranealis*, tendones: D: Dorsal; M: Medial

PT: *Peroneus tertius*, tendones: D: Dorsal; M: Medial; SL: Lateral superficial; DL: Lateral profundo

Tomado de Updike 1984b

Paralelamente, hay que destacar el músculo extensor digital largo y el extensor digital lateral, que siendo extensores del dedo, y gracias a los ligamentos anulares (*retinaculum*) proximal, medio y distal, también actúan como flexores del tarso.

Respecto a la musculatura de la cara plantar, hay que destacar el gastrocnemio, que al insertarse en la tuberosidad calcánea actúa como flexor del tarso. De igual forma, el

flexor digital superficial y el flexor digital profundo, cuyas tres cabezas (flexor digital largo, tibial caudal y flexor largo de las falanges se unen en un único tendón) actúan como flexores del dedo y como extensores del tarso (Sisson y Grossman 1959).

2.1.3. Sindesmología

2.1.3.1. Articulaciones

La región anatómica del tarso en el équido consta de cuatro articulaciones:

- Articulación tarsocrural (o tibiotarsal) entre la tibia y el astrágalo: definida como gínglimo, permite movimientos de flexión y extensión. Presenta cuatro recesos sinoviales: dorsolateral, dorsomedial, plantarolateral y plantaromedial.
- Articulación talocalcánea-centrocuartal. Según la edición de 2012 de la Nomenclatura Anatómica Veterinaria realmente existen tres articulaciones diferenciadas: la talocalcánea, la calcáneocuartal y la talocalcaneocentral (o intertarsiana proximal, TCC) todas ellas relacionando astrágalo, calcáneo, CT y 4T. Se clasifican como artrodiar.
- Articulación centrodistal (o intertarsiana distal, CD) entre el central y el tercer tarsal, también con el cuarto y el segundo/primer tarsal. Se clasifica como artrodiar.
- Articulación tarsometatarsiana (TMT), entre el primero/segundo, tercero y cuarto tarsal con el segundo, tercero y 4MT. Artrodiar que permite casi exclusivamente movimientos de deslizamiento o traslación (Dabareiner *et al.* 2003).

Las relaciones entre ellas y sus comunicaciones merecen un tratamiento diferenciado en este estudio, por lo que se detallan en el apartado 2.1.3.3. *Artrocentesis y comunicaciones*.

2.1.3.2. Ligamentos

La existencia de un fuerte conjunto de estructuras fibrosas en el entorno del tarso determinará la facilidad de mantener la arquitectura ósea para la que está diseñada, a fin de permitir casi exclusivamente movimientos de flexión y extensión.

En primer lugar destacaremos los ligamentos colaterales:

- Colaterales lateral largo y corto, este último consta del superficial, medio y profundo.
- Colaterales medial largo y corto, este último también consta de superficial, medio y profundo, (Updike 1984a) y responsables del movimiento de “chasquido” durante la flexión (Figuras 2.3 y 2.4).

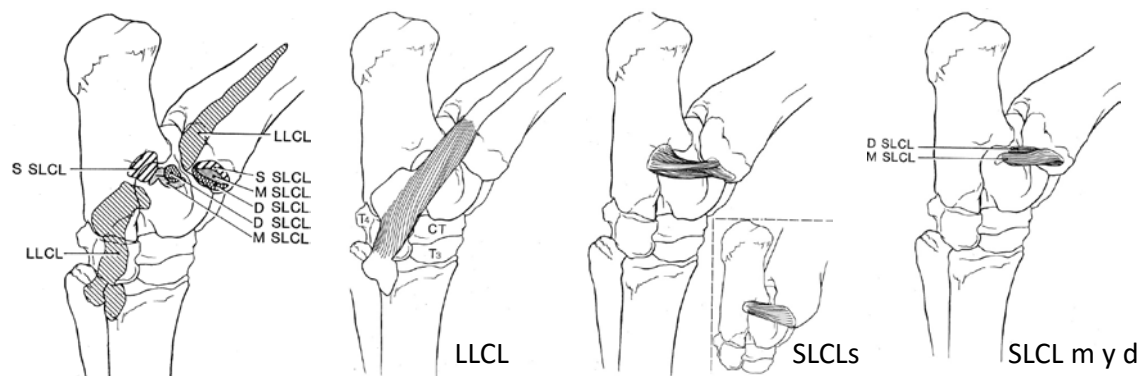
En segundo lugar, el ligamento plantar, constituido en siete ligamentos (responsable de la patología llamada “corva”) y el ligamento dorsal, compuesto por siete ligamentos.

En tercer lugar, los ligamentos tarsales interóseos, ligamentos cortos que conectan los huesos tarsianos entre sí (Schaller 1996) (Figura 2.5).

Por su incidencia en la formación de entesofitos, es obligado detallar los ligamentos tarsometatarsianos: dorsal, plantar, y el interóseo.

Todo ello, junto a unas potentes cápsulas articulares reforzadas con densas fascias, colabora en la estabilidad articular.

Figura 2.3. Esquema de los ligamentos colaterales laterales.

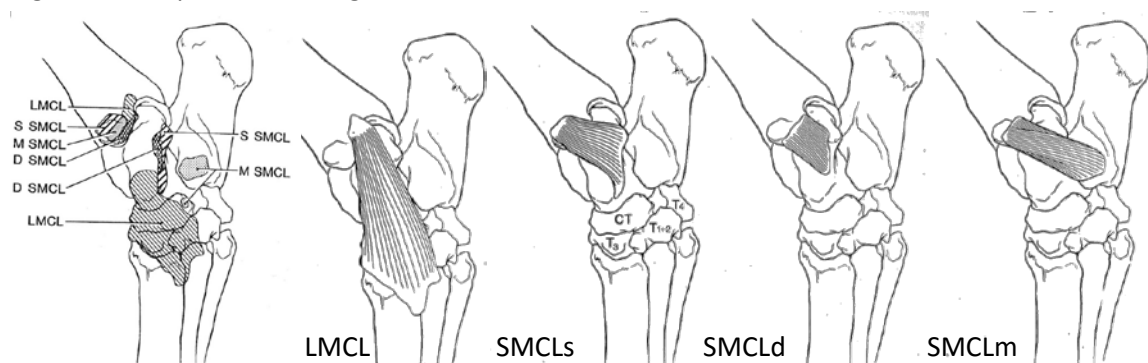


LLCL: Ligamento Colateral Lateral Largo

SLCL: Ligamento Colateral Lateral Corto (5): S: Superficial; M: Medio (2); D: Profundo

Tomado de Updike 1984a

Figura 2.4. Esquema de los ligamentos colaterales mediales.

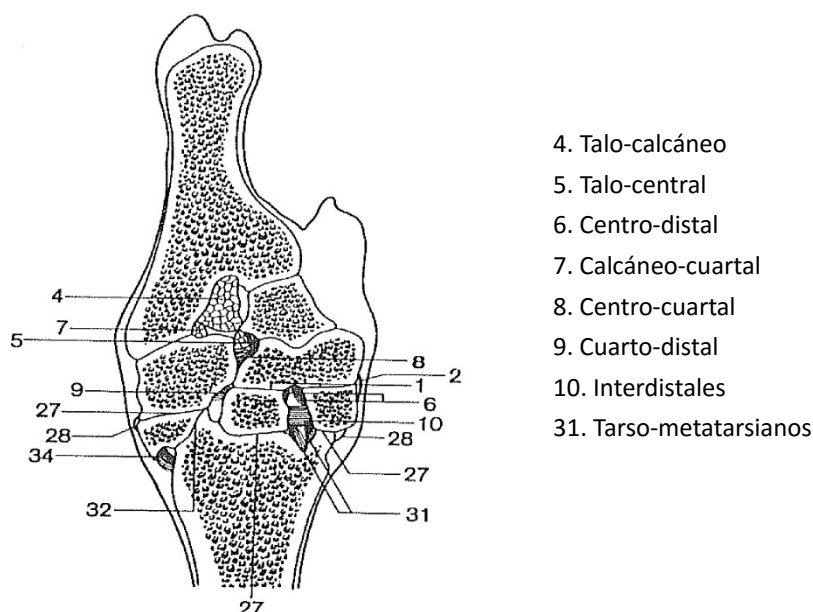


LMCL: Ligamento Colateral Medial Largo.

SMCL: Ligamento Colateral Medial Corto: S: Superficial; M: Medio; D: Profundo

Tomado de Updike 1984a

Figura 2.5. Esquema de los ligamentos tarsales interóseos.



Tomado de Schaller 1996

2.1.3.3. Artrocentesis y comunicación entre TMT y CD

Hasta los 70, las dos articulaciones se consideraban inaccesibles para su artrocentesis. Sack y Orsini (1981) citan a Moyer como el primero (1972) en utilizar agujas hipodérmicas para su diagnóstico y terapéutica, con abordaje dorsomedial, para ambas articulaciones: entre el CT y el 3T, y entre el 3T y el 3MT (muy difícil de entrar, y sin espacio articular).

Adams (1974) describe su uso pero como referencias para la artrodesis quirúrgica. Posteriormente, Gabel (1979) corrige el abordaje más plantarmente, en frente y dorsal al 2MT para la TMT, y unos 12 mm proximalmente para la CD. Aunque da por sentado que la comunicación se da “en la mayoría, si no en todos, los caballos”.

Brown y Valko (1980) son los primeros en presentar el abordaje lateroplantar de la TMT, inmediatamente proximal al 4MT en su zona medioplantar, dirigiendo la aguja dorsomedialmente y paralela al espacio articular. Utilizando 34 especímenes a los que inoculan azul de metileno, establecen un ratio de comunicación del 8,8% entre la TMT y la CD, y de un 3% entre la TMT y la TCC.

Sack y Orsini (1981) utilizaron 86 especímenes en los que inoculaban látex rebajado utilizando ya el abordaje lateroplantar, aunque dirigiendo la aguja dorsodistalmente y ligeramente medial. Excluyendo los corvejones con fusión del 3T y CT, en un 8,3% de los casos si se inyecta a baja presión, y en un 23,8% si se inyecta a mayor presión, existe comunicación de la TMT y CD a través de dos espacios internos: el canal tarsiano, y el espacio entre los fusionados 1+2T con el 3T, mediante la disección provocada por el material a presión sobre la delgada y débil sinovial, y espacios de tejidos conectivos internos.

Por otro lado, sugieren que cuando no se pueda localizar el hueco entre el 1+2T, 3T y el CT para el abordaje de la CD, con el corvejón extendido se haga una línea desde la tuberosidad distal del astrágalo hasta el espacio entre el 2MT y el 3MT y se inyecte en la intersección con el borde palpable distal del tendón cuneano, dirigida caudolateralmente.

Lindsay y Taylor (1981) diagnostican esparaván mediante el abordaje lateral de la TMT.

Gabel (1983), utilizando un abordaje medial de la TMT y con 10 ml de látex, obtiene a la necropsia un 66% de comunicación (sobre 30 corvejones). Afirma que si se usa el abordaje plantarolateral de la TMT, el material inyectado es menos probable que abandone la TMT, por lo que la comunicación puede ser mayor vía abordaje medial. A pesar de ello, sigue utilizando en la práctica clínica para las tarsitis, inoculaciones en las dos articulaciones y en la bursa cuneana sumando un total de 50 ml de mepivacaína, con máxima presión (Gabel 1982).

Dyson (1985) mantiene el abordaje lateroplantar para la TMT y el dorsomedial para la CD, tal como describen Sack y Orsini (1981).

Kraus-Hansen y colaboradores (1992) estudiaron 103 especímenes mediante radiografías de contraste con intensificación de imágenes y Tomografía Computarizada (TC) hallando comunicación en el 38% de los artrogramas de la TMT, y en el 23% de los artrogramas de la CD, combinados resultan un 31%. Determinaron que el volumen del agente de contraste así como la presión de la inyección no estaban correlacionados con la comunicación. La inyección forzada causó pérdida subcutánea del medio de contraste, pero no causó comunicación, dándose a través el canal tarsiano y el espacio entre el 3T y el 1+2T.

La inyección de la CD se hace vía dorsomedial, cuya técnica es más segura a medida que aumenta la experiencia del clínico, excepto en la presencia de proliferación periosteal abundante.

Las diferencias entre los porcentajes de comunicación con otros artículos pueden explicarse en parte por las diferencias en los protocolos, tal como la viscosidad del agente de contraste, la preservación (tiempo de congelación) de los especímenes, el tamaño de agujas y jeringuillas, así como los medios de interpretación de datos. Ello, junto a diferencias en edad, tamaño y razas, así como los diferentes estadios de OA, pueden explicar la inconsistencia entre estudios.

Se describen la inserción de la cápsula y los recesos sinoviales de ambas articulaciones: es posible que el contraste observado entre 4T y CT o 3T represente material escapado a través de la cápsula, más que un *cul-de-sac* del receso articular.

El espacio entre 4T y 3T parece que puede ser ocupado por cualquiera de las dos articulaciones.

Bell y colaboradores (1993) determinaron que la frecuencia de comunicación en 27 caballos y 12 ponis tras inoculación *in vivo* vía plantarolateral de la TMT fue del 26% con la CD y del 4% con la TCC tras la necropsia.

Así mismo, en un grupo de 59 caballos con esparaván, la anestesia vía plantarolateral de la TMT se utilizó en el 76%, de los que el 93% mejoró sustancialmente.

Mantienen que si la frecuencia de comunicación es tan baja como las presentadas en los artículos hasta la fecha *in vivo* e *in vitro*, para una respuesta positiva tras la inoculación de la TMT únicamente, quiere decir que la zona de dolor debe localizarse principalmente en la articulación TMT (Bell *et al* 1993).

Durante décadas, ambas articulaciones han sido implicadas en la patogénesis del esparaván. Sin embargo, este éxito diagnóstico y terapéutico aparente de la infiltración TMT, les sugiere que la TMT es el lugar primario de dolor en la mayoría de caballos con esparaván. Por este motivo apoyan la idea de que existe una distinción entre el proceso morbosos del esparaván en los caballos *Standardbreds* (SB) con las otras razas, y por tanto en el origen del dolor (CD vs TMT) y su correlación con la gravedad de los cambios radiográficos puede diferir según razas (Moyer *et al.* 1983). Cuando el esparaván es refractario al tratamiento médico, la identificación preoperativa de las articulaciones afectadas es decisiva. En ese estudio de Bell (1993) el látex se inoculó hasta que los caballos se resistieron, bien mediante movimiento o elevación de la extremidad. La mayoría resistió bien hasta la inoculación máxima de 10 ml. Sin embargo, en 9 caballos, se pudo inyectar sin signos de dolor, en los cuales se apreciaron placas grandes subcutáneas o pérdidas en dirección plantar. Esto tiene aplicación en el sentido de que hay clínicos que para disminuir las molestias en la inyección intraarticular de corticosteroides en casos de esparaván, añaden anestésicos locales, incrementando el volumen y posibilitando la extravasación (Bell *et al.* 1993).

Dyson y Romero (1993) realizaron un interesantísimo trabajo inyectando *in vivo* una media de 6 ml de agente de contraste positivo radiográfico en la TMT de 10 caballos. Se identificó comunicación entre la TMT y la CD en 7 extremidades (35%). El agente de contraste se extendió alrededor de los tendones del *tibialis cranealis* y *peroneus tertius* en 18 extremidades (90%), y en 7 entró algo de contraste en la vaina tarsiana (35% en 15 min). Se identificó una extensión plantar y/o distal del contraste ligera a moderada en 13 corvejones (a los 15 min).

Posteriormente se inyectó contraste a nivel subtarsal utilizando dos técnicas. El contraste se distribuyó principalmente en la cara plantar del 3MT y del ligamento suspensor, y entre los tendones flexores superficial y profundo. Solo se extendió a la TMT en una extremidad, mientras que en 8 entró en la vaina tarsiana. A los 5 min, la distancia media de extensión distalmente fue de 8,4 cm, distribuida plantarmente al ligamento suspensor del menudillo y entre el tendón del flexor digital superficial

(SDFT) y el profundo (DDFT). Proximalmente solo difundió en la vaina tarsiana.

Las implicaciones prácticas de estos resultados incluye la posibilidad de que la solución de anestésico local inyectado en la TMT pueda aliviar el dolor procedente de la CD, las inserciones de los músculos *tibial cranealis* y *peroneus tertius* o la vaina tarsiana (y DDFT). También puede originar analgesia perineural de los nervios dorsal metatarsal o plantar metatarsal medial/lateral, corroborando los comentarios aportados por Sack y Orsini (1981). Por lo tanto, mantienen que un volumen menor de inoculado puede reducir el riesgo de difusión fuera de la articulación TMT, mejorando la especificidad.

Y viceversa, la técnica de inyección única para la analgesia perineural de la rama profunda del nervio plantar lateral (Contino *et al.* 2015) determinó que en un 37,5% de casos se evidenciase medio de contraste en la vaina tarsal, y en un 25% en la articulación TMT, en concentraciones suficientes para generar analgesia de ésta estructura a los 10 min.

Bohanon (1994) realizó artrografías de contraste en 30 caballos afectados clínicamente con esparaván, con proyecciones dorsoplantar y lateral. La comunicación desde la CD a la TMT se observó en 4 de 52 (8%), y desde la CD a la TCC se presentó en 1 de 52 (2%). La comunicación desde la TMT a la TCC en 2 de 7 (28%), y desde la CD al canal tarsiano en 7 de 52 (13%). Tras estos resultados, se sugiere la realización de artrografías de contraste de las articulaciones tarsianas previamente a la inyección diagnóstica o terapéutica.

Gough y colaboradores (2002) describieron la incidencia de difusión de mepivacaína en el tarso de 33 cadáveres, previa inoculación en la TMT en unos y la CD en otros, y posterior flexión y extensión del tarso. Se detectó en el 100% de las articulaciones TMT y CD en ambas direcciones, en el 92% de la tibiotarsal tras difusión desde la TMT, en el 88% de la tibiotarsal tras difusión desde la CD.

Los resultados muestran mayor difusión de mepivacaína entre estas estructuras sinoviales adyacentes que las asumidas a partir de estudios previos anatómicos, inyección con látex o estudios artrográficos. Por lo tanto, las técnicas de anestesia intrasinovial local comúnmente utilizadas en la extremidad posterior del caballo no son tan específicas como se pensaba anteriormente.

Serena y colaboradores (2005) inyectaron acetato de metilprednisolona (MPA) en la TMT de 16 caballos. A las 6 h se obtuvo concentraciones terapéuticas en todas las CD muestreadas, concluyendo que los caballos con dolor emergente de las dos articulaciones distales del corvejón pueden ser tratados mediante la administración de MPA en la TMT solamente, reduciendo las dificultades y riesgos asociados con la artrocentesis de la CD: es más segura, técnicamente más sencilla, consume menos tiempo y puede ser un tratamiento efectivo para la OA de la CD.

La comunicación funcional de la TMT y la CD fue demostrada por Gough y colaboradores (2002), quienes encontraron que la mepivacaína difundía de una a otra articulación a dosis terapéuticas, incluso aunque las dos no comunicaran anatómicamente.

Dado que la comunicación anatómica no es consistente entre la CD y la TMT, los clínicos a menudo inyectan cada articulación bien con una solución de anestésico local para diagnosticar dolor en las articulaciones distales del corvejón, bien con soluciones de corticosteroides para tratar animales con OA. Otros clínicos, sin embargo, confían en la difusión putativa del anestésico local o corticoide desde una articulación a la otra, e inyectan solamente la TMT (Gabel 1979; Moyer *et al.* 1983).

El MPA puede difundir vía el canal tarsiano y vía el espacio entre el 1+2T y el 3T, o a través de la delgada membrana sinovial. Independientemente del modo, las moléculas de MPA difunden desde la TMT hasta la CD en una concentración que parece ser suficiente para suprimir la inflamación. Es posible, sin embargo, que un efecto antiinflamatorio más fuerte y longevo se consiga con las concentraciones 50 veces más altas de MPA tras la inoculación directa de MPA en la CD.

Just y colaboradores (2007) desarrollan el abordaje dorsolateral de la CD. Para ello se debe realizar una línea auxiliar perpendicular al eje del 3MT sobre el borde proximal del 4MT. Para todas las razas, el lugar de la artrocentesis es aproximadamente de 6 a 8 mm proximal a esta línea auxiliar, y a fin de evitar penetrar la vaina sinovial del tendón del músculo extensor digital largo, se coloca la aguja 2 a 3 mm lateral al mismo.

La inserción de la aguja es perpendicular al eje del 3MT pero dirigida plantaromedialmente (dirección dorsolateral a plantaromedial) a un ángulo de aproximadamente 70° del plano sagital, y a una profundidad de 1,5 a 2 mm hasta contactar con el hueso o cartílago, tras lo cual se retira ligeramente hasta la salida/aspiración del líquido sinovial. Si la vaina tendinosa del extensor digital largo se encuentra distendida a la palpación, se aconseja el examen ecográfico del lugar de inyección a fin de identificar la posición de los vasos dorsal pedal y tarsal perforante en relación a la vaina distendida.

En caballos con remodelación ósea de la región tarsal dorsolateral atribuibles a OA (por ejemplo, Islandeses), este abordaje podría ser difícil. Sin embargo, el uso clínico de este abordaje no ha sido limitado con este tipo de remodelaciones en este estudio.

El abordaje dorsomedial se ha considerado técnicamente difícil a causa de que sus puntos de orientación son indistinguibles o inconsistentes (Bassage y Ross 2003). Existe además una alta probabilidad de centesis inadvertidas de otras estructuras sinoviales, como la TMT, la intertarsiana proximal o de la bursa cuneana.

Otra desventaja es el riesgo potencial que asume la persona que efectúa la artrocentesis al situarse bajo el abdomen del caballo en posición (Gough y Munroe 1998; Bell *et al.* 1993; Serena *et al.* 2005).

El abordaje dorsolateral fue probado por Bassage y Ross (2003), pero en su opinión, la arteria perforante tarsal impide el uso de este sitio *in vivo*.

2.2. Ángulo tarsal

Las articulaciones tarsocrural, TCC, CD y TMT componen el complejo tarsal que del exterior vemos como una unidad: el corvejón. A pesar de que el centro de rotación de la articulación tarsocrural sea responsable de la mayoría de la flexión del tarso, definiremos el ángulo tarsal como aquel que se forma en la intersección del eje de la tibia con el eje del 3MT (Galisteo *et al.* 1996, Cano 1999a).

Los estudios clásicos sobre zoometría se han centrado en caracterizar segmentos y perímetros más que ángulos (Aparicio *et al.* 1986), o cual es entendible por la dificultad en realizar las mediciones angulares: un goniómetro se desliza sobre un plano siendo difícil de acoplar a ángulos donde los extremos de referencias de sendos ejes están, bien cubiertos por masa muscular, bien en un plano diferente.

Sea cual sea el procedimiento objetivo de medición, en el cálculo del ángulo tarsal van a influir una extensa serie de factores (Weller *et al.* 2006), destacando:

1. La posición de la extremidad: el animal deberá estar cuadrado y repartiendo su peso en las cuatro extremidades por igual, en su postura natural (intrínseca).
2. La posición de los puntos de referencia a partir de los cuales realizar los cálculos: unos utilizan marcadores adhesivos cutáneos sobre prominencias óseas u otras referencias, otros marcarán directamente sobre la imagen.
3. La validez del propio procedimiento objetivo, requiriendo comprobaciones de fiabilidad y repetitividad (Hunt *et al.* 1999).

Por estos motivos tradicionalmente se ha evaluado desde una perspectiva subjetiva, cualitativa, graduándolo más que con interés zoométrico con un interés conformacional, desde una simple calificación de abierto o cerrado respecto al normal o “ideal” para cada animal (Gabel 1980; Stashak 1987) hasta en siete categorías atendiendo a una calificación lineal de rasgos, también para la vista tarsal caudal (Mawdsley *et al.* 1996), incluso de 0 a 40 en la evaluación del caballo de deporte Real Holandés (KWPN) (Koenen *et al.* 1995).

La Asociación Nacional de Criadores de Caballos de Pura Raza Española (ANCCE) actualmente utiliza nueve categorías tanto para la variable “dirección corvejón (trasera)” como para “ángulo corvejón (lateral)”. En el Anexo I incluimos las clases

relativas a las variables evaluadas en la Calificación Morfológica Lineal del caballo de Pura Raza Española por su Libro Genealógico.

El gran paso hacia la objetividad se da con la utilización de la fotografía como instrumento sobre el cual medir el ángulo tarsal. A pesar de que Langlois y colaboradores (1978) inician la utilización de la fotografía para la medición de ángulos (aunque no del tarso), se puede considerar como pionero a Magnusson (1985), que en una pequeña muestra de trotones SB en Suecia, utilizando marcadores sobre determinados puntos corporales (referencias sobre prominencias musculoesqueléticas características) (Figura 2.6) compara mediciones realizadas sobre ellos en las proyecciones de sus fotografías, resultando valores para el ángulo tarsal de $143,6^\circ$ y $144,4^\circ$ respectivamente. Dalin y colaboradores (1985) utilizan la fotogrametría para la estimación de ángulos en la extremidad posterior izquierda en su estudio sobre asimetría de la grupa en 500 trotones en Suecia, aunque no aporta ningún valor del tarso.

Pero son Holmstöm y colaboradores (1990), quienes modificando la técnica de Magnusson, caracterizan el ángulo tarsal en una población de 356 WB suecos, diseñando su estudio para ver diferencias entre caballos de deporte de nivel normal (100 animales) y animales de 4 años de edad (195) con los de élite en doma clásica (33 animales) y salto (28 animales), convirtiéndose en referente durante más de una década: sus resultados mostraron que los caballos de élite de salto tenían un ángulo de $159,0 \pm 2,7^\circ$, los de élite de doma clásica $159,1 \pm 3,0^\circ$, mientras que los utilizados en escuelas de equitación tenían $156,8 \pm 3,5^\circ$ y los de 4 años $155,4 \pm 2,6^\circ$.

Introducen el concepto de animales de configuración tarsal de "quebrado" en relación a su ángulo tarsal: aquellos animales cuyo ángulo tarsal quede por debajo de la media de la población menos la desviación típica. Es por ello por lo que para "su" población de WB suecos considera quebrados a aquellos caballos con ángulo tarsal menor a 153° . Actualmente los considera con 154° (Holmström 2015).

McIlwraith y colaboradores (2003) para analizar objetivamente la relación entre conformación y ciertos problemas musculoesqueléticos en 115 PSI de carreras de 3 años, y 162 *Quarter Horses* (QH) de 2 años, les colocan marcadores cutáneos y los fotografía, digitalizando la diapositiva y aplicando un programa informático de libre uso, muy amplio que permite realizar mediciones (ImageJ, del National Institute of Health, Bethesda, MD, EEUU). Posteriormente Anderson y McIlwraith (2004) describen objetivamente los cambios asociados a la edad en PSI de carreras desde el destete hasta los 3 años inclusive (obteniendo fotos cada año de cada animal) en vistas anterior, lateral y posterior, utilizando marcadores cutáneos (Figura 2.6) y fotografías (diapositivas) que se digitalizan, procesan con Adobe PhotoShop y se analizan con el ImageJ. Desgraciadamente solo aportan valores para la vista posterior del tarso ($>180^\circ$ y $<180^\circ$, abierto o cerrado de corvejones).

Barrey y colaboradores (2002) perfeccionan el procedimiento de su compatriota Langlois para utilizar la fotogrametría mediante una cámara digital localizada a 10 m del caballo, con la misma ubicación de marcadores (Figura 2.6). Comparando la habilidad de diferentes razas para la doma, sobre 28 PRE (de la Real Escuela de Jerez) obtiene un ángulo tarsal de $150 \pm 3,92^\circ$.

Denham (2007), sobre 13 potros WB mediante fotografía (Figura 2.6) obtiene valores de $160,67 \pm 1,64^\circ$ a la semana de vida, y $165,98 \pm 1,01^\circ$ a las 39 semanas.

Figura 2.6. Diferentes marcadores cutáneos en morfometría fotográfica.

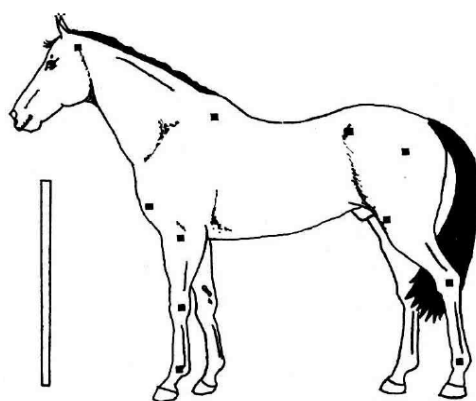


FIG. 1. — Cheval prêt à être photographié.
Horse ready for being photographed.

Tomado de Langlois 1978



Fig. 11.2 Length measurements a: Neck; b: shoulder; c: humerus; d: radius; e: fore cannon; f: fore pastern; g: femur; h: tibia; i: hind cannon; j: hind pastern.
Angle measurements 1: Shoulder inclination; 2: shoulder joint; 3: elbow joint; 4: fore fetlock joint; 5: pelvis inclination; 6: femur inclination; 7: stifle joint; 8: hock joint; 9: hind fetlock joint.

Tomado de Magnusson 1985

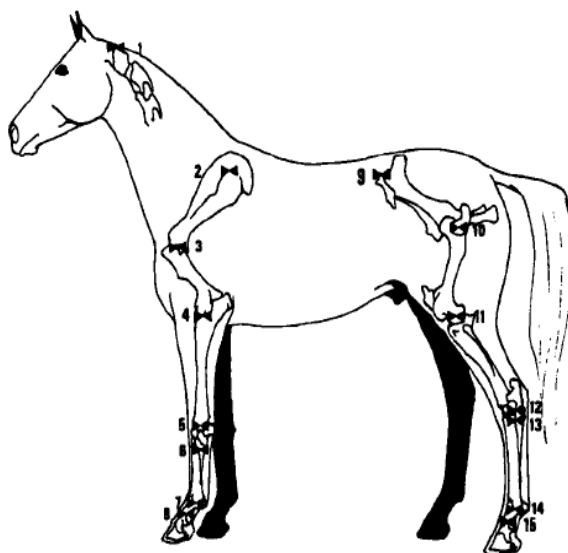
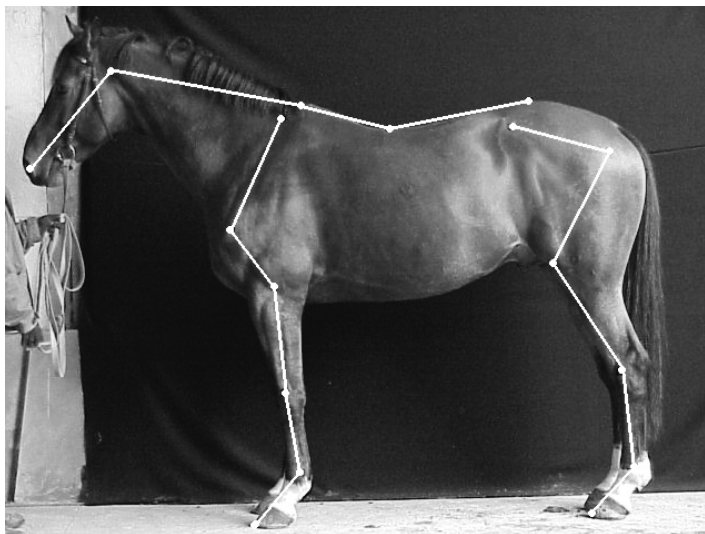


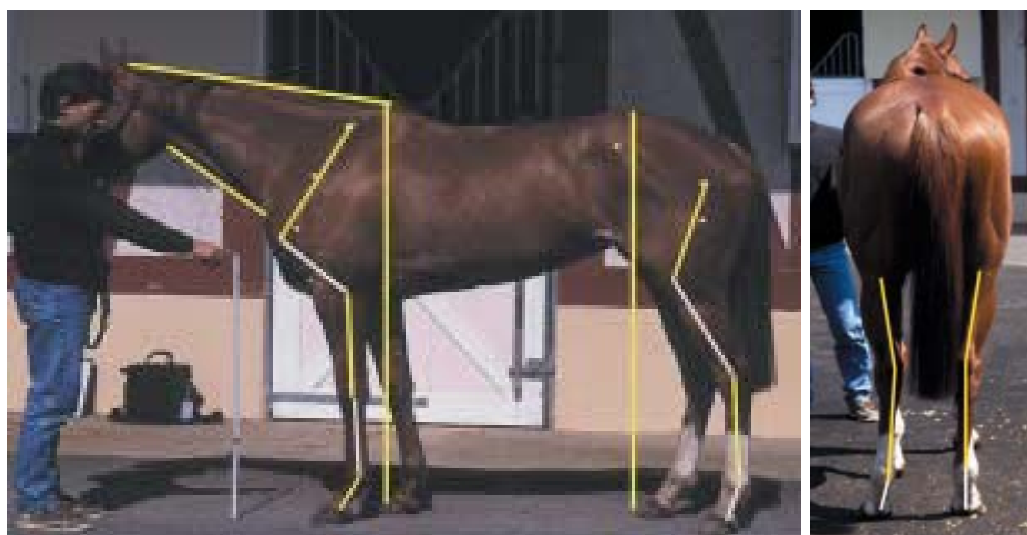
Fig 1: Standard position and reference points. Reference points on the head and forelimb:- 1: The cranial end of the wing of atlas; 2: the proximal end of the spine of the scapula; 3: the posterior part of the tuberculum majus of the humerus; 4: the transition between the proximal and the middle thirds of the lateral collateral ligament of the elbow joint; 5: the lateral tuberosity of the distal end of the radius; 6: the space between the fourth carpal, the third metacarpal and the fourth metacarpal bones; 7: the proximal attachment of the lateral collateral ligament of the fetlock joint to the distal end of the third metacarpal bone; 8: the proximal attachment of the lateral collateral ligament of the pastern joint to the distal end of the first phalanx. Reference points on the hind limb:- 9: the proximal end of the lateral angle of the ilium; 10: the centre of the anterior part of the greater trochanter of the femur; 11: the proximal attachment of the lateral collateral ligament of the stifle joint to the femur; 12: the attachment of the long lateral ligament of the hock joint to the plantar border of the calcaneus bone; 13: the space between the fourth tarsal, the third metatarsal, and the fourth metatarsal bones; 14: the proximal attachment of the lateral collateral ligament of the fetlock joint to the distal end of the third metatarsal bone; 15: the proximal attachment of the lateral collateral ligament of the pastern joint to the distal end of the first phalanx

Tomado de Holmström 1990

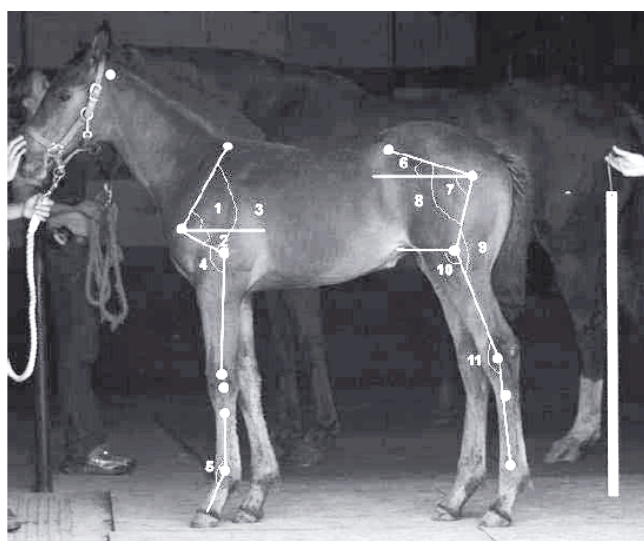
Figura 2.6 (continuación). Diferentes marcadores cutáneos en morfometría fotográfica.



Tomado de Barrey 2002



Tomado de Anderson 2004



Tomado de Deham 2007

Finalmente, por su importancia y referencia, es obligado comentar el trabajo realizado por Gnagey y colaboradores (2006) donde exclusivamente estudian el ángulo tarsal, primero en estancia (plano sagital) por fotografía y luego su repercusión mediante videocinemática (coordinada por plataforma de fuerzas) en la degeneración articular y en la actuación deportiva: los caballos con mayor ángulo tarsal a la estancia ($>165,5^\circ$) mostraban menor flexión y menor absorción de energía (proclive a OA) en tarso durante la fase de impacto, así como generaban menor impulso vertical. Sobre 16 caballos de diversas razas obtiene un ángulo de $160,6 \pm 4,9^\circ$, por lo que atendiendo a la pauta marcada por Holmström (1990), clasifica los ángulos tarsales en tres categorías: $<155,5^\circ$, entre $155,5^\circ$ y $165,5^\circ$, y $> 165,5^\circ$. Lógicamente, los animales sobre los que Holmström trabajó se corresponderían con el grupo intermedio. Acaba la discusión afirmando que “los ángulos tarsales pequeños ($<155,5^\circ$) están asociados a una mayor flexión articular a lo largo de toda la fase de apoyo, lo que podría comprimir la superficie dorsal de los huesos tarsales”.

De este artículo también debemos destacar dos consideraciones. La primera es la forma en que posiciona al animal en estancia, estableciendo que la extremidad se disponga de modo que el casco quede en la vertical del marcador localizado en la parte craneal del trocánter mayor del fémur (referencia de la articulación coxofemoral), motivado por las necesidades técnicas de la parte cinemática del estudio posterior. No obstante, para cada caballo duplica el cálculo esta vez cuadrándolo a la manera tradicional (tuberosidad calcánea en la vertical de la tuberosidad isquiática), resultando que en estación los ángulos calculados por los dos patrones no difieren en más de 1° .

La segunda consideración, interesante para nuestra tesis, es que mide un caballo de tipo “andalusian” resultando con ambos patrones un ángulo tarsal de 152° .

Hasta este momento de la revisión hemos visto como se ha calculado objetivamente el ángulo tarsal en la estancia, con el animal “cuadrado”.

Sin embargo, gracias a la multitud de estudios sobre locomoción desde mediados de los 80 y durante los 90, concretamente estudios cinemáticos, hay abundante bibliografía que muestran cálculos angulares en los animales objeto de estudio (que trataremos en el apartado 2.5. *Biocinemática*) En estos casos el ángulo tarsal viene referido a su momento dentro del movimiento, es decir, datos de flexión máxima y mínima, en relación a la fase de apoyo o de vuelo.

De todos ellos, a nuestros efectos, interesa el ángulo tarsal calculado cuando la extremidad se encuentra en la media-estancia, es decir, cuando la caña queda perpendicular al suelo, dado que es el que más se aproxima al ángulo en la estancia, con el animal cuadrado.

No obstante, el interés por determinar información conformacional de ciertas poblaciones motivó a Hunt y colaboradores (1999) a estudiar la validación de un sistema de evaluación de dimensiones lineales y angulares mediante la grabación de vídeo para potros PSI. En su estudio pone de manifiesto los test de precisión y exactitud necesarios para validarlos: corrección de coordenadas de la imagen por la distorsión originada por el efecto “ojo de pez” de la lente y la relación del tamaño del pixel (altura/anchura), y los test de precisión de las medidas efectuadas (localización de coordenadas diana, variaciones en imágenes sucesivas de un mismo objeto, variaciones relacionadas con la localización de marcadores, variaciones asociadas con el tamaño de los caballos y variaciones asociadas a la vista frontal).

Continuando en esta línea de perfeccionamiento de la precisión de las medidas conformacionales-morfométricas, Weller y colaboradores (2006) estudian la fiabilidad de las mediciones efectuadas mediante fotografía digital con el animal en estancia (utilizando marcadores cutáneos reflectantes para el cálculo de segmentos y ángulos) respecto a un sistema 3D de análisis del movimiento (usando cuatro cámaras ProReflex, con luz infrarroja) también con el animal en estancia: se pretende eliminar los errores asociados a la ubicación de marcadores y al posicionamiento en estancia del animal, demostrando la superioridad de los métodos 3D de análisis de movimiento para estos fines.

En el año 2000, la Unidad mixta de Investigación en Biomecánica y Patología Locomotriz del Caballo (Escuela Veterinaria de Alfort/INRA, Francia) diseña un sistema de medición morfométrico en 3D destinado a la evaluación de la conformación de elevadas cantidades de efectivos (Pourcelot *et al.* 2002), previo estudio de validación experimental hecho por Lacroix (1999), determinación de un método de sincronización de cámaras (Pourcelot *et al.* 2000) y objeto de Tesis Doctoral por Doucet (2007).

Para ello Doucet utiliza cuatro cámaras de video (25 Hz) dispuestas en torno a una pista en duro de 25 m por 1 m de anchura, de forma que dos graban frontal y caudalmente, y otras dos graban lateralmente pero en oblicuo, a 60° entre sí. La primera fase corresponde a la grabación de una estructura paralelepípeda en el centro de la pista (delimitada con sendas cuerdas en el suelo, suponiendo 6 m) con puntos de referencia conocidos que permite realizar la calibración para el cálculo de las coordenadas 3D de puntos de referencia anatómicos del caballo cuando éstos son filmados al paso posteriormente (Anexo II).

La segunda fase corresponde al tratamiento de las grabaciones. Se captan con Adobe Premier 6.0. En suite y posteriormente utiliza tres programas diseñados específicamente por Pourcelot: uno de procesamiento digital, donde se sincronizan las cuatro grabaciones, otro para la calibración de imágenes y el último para realizar las mediciones morfométricas.

El método ofrece una buena exactitud, el error inherente para la localización de un punto en el espacio calibrado es de 0,55 cm, distribuyéndose homogéneamente en el espacio, lo que supondría un error máximo de 1,10 cm para longitudes y 2° para ángulos. Lo define como “tan preciso pero más fiel” que los métodos fotométricos.

La gran ventaja es que no requiere la aplicación de marcadores en el animal, importantísimo si consideramos que está diseñado para evaluar la conformación de un importante número de animales, aunque su mayor limitación se centre en la habilidad del operador en marcar correctamente los puntos de referencia anatómicos.

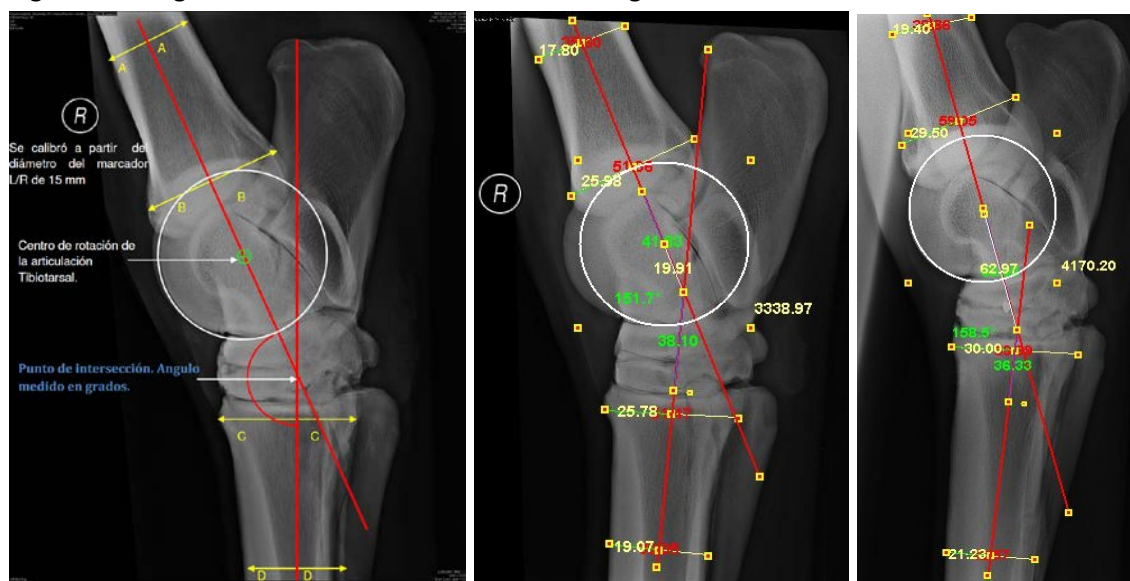
Utilizando este mismo sistema morfométrico, Kristjansson y colaboradores (2013) evaluaron 72 caballos Islandeses de 4 a 10 años, resultando un ángulo tarsal en vista lateral de $140,73 \pm 3,23^\circ$, así como que el 73% de animales tenían ángulos mayores a 180° en vista posterior, frente solo el 8% con ángulos menores a 180° . Solo había una presentación normal en vista posterior en el 19% de animales. Explica las diferencias de resultados respecto al estudio de Axelsson y colaboradores (2001) (animales de la misma raza, con un ángulo tarsal en vista lateral de 149°) por la diferente metodología utilizada y porque Axelsson y colaboradores miden en estancia, con el animal cuadrado y repartiendo todo el peso equitativamente entre las cuatro extremidades, mientras que con este nuevo sistema el tarso de la extremidad a evaluar está soportando más peso y por lo tanto, está más flexionado, resultando valores inferiores. Este hecho se agudiza en los caballos con ángulo tarsal pequeño (Back *et al.* 1996).

Esta observación también nos sirve en el momento de comparar resultados entre ángulos de animales observados en estancia frente a valores obtenidos de grabaciones de video en la media-estancia.

Por último, no puedo dejar pasar la oportunidad de comentar una forma muy especial de medir el ángulo tarsal, utilizando las imágenes radiográficas del propio animal. Wiserman (2013) comparó los ángulos tarsales de dos grupos de animales que un hospital veterinario del sur de Londres había radiografiado, uno de 44 diagnosticados de sufrir esparaván y el otro de 18 libres del proceso. Para ello realizó medidas utilizando el programa On-Track Equine® de la anchura de la tibia en dos localizaciones, así como del 3MT, y de los puntos medios de cada medida de ambos huesos ejecutó sendos ejes en cuyo punto de intersección calculó el ángulo tarsal. El resultado determinó que el grupo de animales que padecía esparaván tenía un ángulo tarsal de media $151,82^\circ$, frente a $156,3^\circ$ del grupo libre de esparaván, aunque solo pudo afirmar que existía “esta” tendencia (Figura 2.7)

Respecto a los estudios con evaluación objetiva realizados en España sobre el ángulo tarsal del PRE, la primera referencia la tenemos en Galisteo y colaboradores (1996), donde obtiene en videocinemática un valor tarsal máximo al paso de $162,7 \pm 4,4^\circ$, y uno mínimo de $118,2 \pm 5,6^\circ$ (se refiere al máximo y mínimo alcanzado durante toda la fase de estancia y de vuelo).

Figura 2.7. Ángulo tarsal calculado mediante radiología.



Gentilmente cedidas por Angus Wiserman

Pero será Cano en 1999 (dirigida por el Dr. Galisteo y utilizando el programa informático para videocinemática desarrollado por él) quien en su Tesis Doctoral publique la primera referencia objetiva del ángulo tarsal en estancia de 15 PRE de edades $13,6 \pm 3,1^\circ$, resultando $152,2 \pm 6,7^\circ$. También obtiene en movimiento un ángulo máximo de $163,0 \pm 4,2^\circ$ y mínimo de $102,0 \pm 6,6^\circ$, y el de media estancia de $146,5 \pm 5,7^\circ$.

2.3. Consideraciones biomecánicas del tarso

De entre las escasas publicaciones de carácter biomecánico de la segunda mitad del siglo XX que sobre el tarso existen, destaca la realizada por Badoux (1987), diferenciando el complejo calcáneo-4T del grupo que más aporta a la movilidad del eje: el astrágalo, CT y 3T.

La gran mayoría del movimiento del tarso está originado por la articulación tarsocrural, responsable de la flexión/extensión en un rango normal de alrededor de 40° (desde los 150° en extensión en el apoyo a los 110° en flexión en fase de vuelo). Estos 40° se dan en la zona de la tróclea del astrágalo cuyos labios tienen un contorno casi circular, que unido a la inclinación laterodistal de sus labios en 12° , determina que éste se clasifique como un movimiento helicoidal, o de “tornillo”: rotación y traslación a lo largo del eje. Al ser una articulación con un único grado de libertad rotacional, no puede mostrar movimientos alrededor de sus otros dos axis, estabilizándose gracias a la estrechísima vinculación entre la tróclea y la cóclea tibial.

Badoux (1987) cita a Hartman y colaboradores (1984), que determinaron que durante la fase de apoyo se da una rotación externa de las articulaciones tarsales distales, manifestándose con una torsión y arqueamiento del 3MT.

Para Badoux (1987), las articulaciones intertarsianas y TMT constituyen una estructura bastante rígida, resultante de la conformación de las superficies articulares del CT, 3T y 3MT (un mecanismo es la concavidad ligera de las superficies proximales frente a ligera convexidad de las distales, el otro es un mecanismo de bloqueo basado en procesos de los superiores que se indentan en los inferiores, así como del 1+2T y 4T que encajonan al 3T) y del fuerte aparato ligamentoso que lo rodea, en especial el ligamento dorsal, cuyas fibras se disponen en la dirección de las tensiones (cuando el CT y 3T intentan rotar, el ligamento se tensiona).

La torsión excéntrica consecuencia de la transmisión de cargas desde la tibia se manifiesta en la compresión y tensión “subtalar”. Como las superficies articulares presentan fosas de tamaño considerable que reducen sustancialmente el área potencialmente disponible para la transmisión de cargas, y que estas superficies disminuyen distalmente en un 29%, concluye que la tensión y esfuerzo es mayor en los huesos distales tarsianos.

Badoux (1987) también cita a Schamhardt y colaboradores (1984), que determinaron que las traslaciones de los huesos tarsianos distales en la carga son menores a 0,3 mm y las rotaciones menores a 0,5°. Sin embargo, para Lanovaz y colaboradores (2002), el régimen de carga estática de este estudio probablemente no simule con precisión las condiciones fisiológicas, y no dirige la acción de la articulación durante la flexión máxima, que ocurre en la mitad del vuelo, por lo tanto sin carga.

Schamhardt y colaboradores (1989) estudiaron las fuerzas que cargan el tarso determinadas mediante medidas *in vivo* de las tensiones en el 3MT, resultando que la articulación TMT se carga exclusivamente en compresión (ligera excéntrica), y que el primer pico en las fuerzas de flexión es máximo dorsal y lateralmente.

Para Schneider y colaboradores (1982), la fuerza más importante que carga la tibia distalmente en el aspecto lateral es principalmente tensional mientras que en el aspecto medial es compresiva.

Lanovaz y colaboradores (2002) mantienen que si la articulación tarsocrural se comportase como un tornillo y que fuese la única fuente de movimiento en el complejo tarsal, cualquier movimiento que se mida debe ser altamente acoplado al ángulo de flexión/extensión, y que cualquier movimiento desacoplado debe ser un indicador de movimiento fuera de la articulación tarsocrural, por lo tanto, de las articulaciones distales. Utilizando marcadores fijados al hueso tibial y 3MT, pues sería imposible medir segmentos tan cortos si se pudiesen fijar a los huesos tarsianos distales, demuestra que en la fase de apoyo existe un ligero incremento en la rotación

interna al incrementar la flexión desacoplada, y que en la fase de vuelo (a su 25%) la translación craneocaudal sigue un camino diferente a los ángulos de flexión/extensión, explicándolo con la superposición de algún movimiento caudal de la tibia/talus con respecto al 3MT fuera de la articulación tibiotarsal. Del mismo modo, se da una translación caudal menor en el apoyo, y medial durante mitad de apoyo y mitad de vuelo.

Todo ello demuestra que existen movimientos en las otras articulaciones tarsianas mayores de los reflejados por Schamhardt y colaboradores (1989).

Los estudios del tarso mediante Resonancia Magnética (RM) han determinado que el grosor del hueso subcondral (SCB) es mayor medial y lateralmente en el aspecto proximal del CT, y lateralmente en el aspecto distal del CT y 3T, así como el proximal del 3MT. Del mismo modo, el grosor es mayor dorsalmente en el aspecto proximal y distal del CT, y proximal del 3MT (Branch *et al.* 2005b).

Sabiendo que existe una inmediata relación entre las cargas a que está sometido una articulación y el grosor del SCB subyacente, se entiende que las cargas del tarso, partiendo de compresiones mediales en la tibia, son transferidas desde la parte medial a la lateral.

2.4. Osteoartrosis de las articulaciones distales del tarso

2.4.1. Introducción

El término esparaván se ha utilizado durante siglos para referirse a patologías del corvejón, siendo por tanto inespecífico, añadiéndole adjetivos para calificarlos (Taylor 1977). La primera referencia conocida data del siglo XIII por Jordannus Ruffus, que describe el “spavenius” (Goldberg 1917). Otras acepciones (sparvenius, esparvanus, sparus, ets) hacen referencia a “pájaro”, por la forma de caminar los caballos que la padecían. Actualmente consideramos el esparaván (óseo) exclusivamente como la OA de las articulaciones intertarsianas y TMT.

La OA tarsiana distal se asocia a tres síndromes clínicos (Baxter *et al.* 2003):

- I. Tarsitis: como entidad determinante de cojera atribuida a los tejidos blandos periarticulares del tarso distal, principalmente en caballos de carreras SB. Presentan cojera y dolor, pero no signos radiográficos de degeneración.
- II. OA tarsiana distal juvenil: se presenta en animales jóvenes consecuencia de alteraciones en el desarrollo de los huesos tarsianos cuboidales, como la osificación deficiente (deformación en cuña del CT o 3T y colapso de los mismos) y la osteocondrosis. Suelen presentar alteraciones radiográficas y cojeras, aunque aún no hayan iniciado el entrenamiento o ejercicios demandantes.

- III. OA tarsal distal del adulto: es consecuencia del ejercicio intensivo que provoca un trauma repetitivo determinante de daño de estructuras articulares (cartílago o SCB) y/o periarticulares (cápsula articular y ligamentos).

2.4.2. Etiología y patogenia

La investigación sobre la OA ha sido y es tan importante para el équido que se ha avanzado mucho en su conocimiento, aunque la complejidad y la extensión del tema no permiten realizar una exposición pormenorizada de la misma. Nos centraremos en los factores desencadenantes a nivel mecánico de las articulaciones distales del tarso, dejando a un lado todos los factores bioquímicos (mediadores de la inflamación, citoquinas, enzimas, etc.) (Caron 2011).

Durante la primera mitad del siglo XX se ha considerado que el origen del proceso degenerativo se hallaba en causas periarticulares, al no entender diferenciados las entidades patológicas tarsitis y OA distal tarsal. Por ello se ha resaltado la acción perturbadora de la inflamación de la bursa cuneana y la excesiva tensión transmitida por la rama medial del tendón del *tibialis cranealis* -tendón cuneano- (Wamberg 1958), aunque sí es cierto que su tenotomía facilita la reducción de las fuerzas rotacionales o de cizallamiento que afecta al tarso distal y mejora el cuadro clínico en determinadas circunstancias (Eastman *et al.* 1997).

Rooney (1968) determina la patogénesis del esparaván como originada por movimientos asincrónicos (desalineados) entre el CT, 3T y 3MT en la segunda parte de la fase de estancia. Al acabar la primera fase, el astrágalo y el CT han permanecido inmóviles o han rotado muy ligeramente en sentido medial, mientras que el 3MT y el 3T han rotado lateralmente (se trata de un movimiento de encerrojamiento que confiere máxima estabilidad al tarso), mientras que en la segunda fase, la tibia, talus y CT rotan medialmente así como el 3MT y el 3T, liberándose para iniciar la fase de vuelo. En consecuencia, cualquier causa que impida al 3MT-3T rotar medialmente generará rozamiento entre él y el CT (la fricción dinámica entre 3T y CT es mayor que la fricción estática entre 3T y 3MT), y viceversa, cualquier causa que retenga al talo-CT-3T de su rotación medial provocará una fricción estática menor entre CT-3T que la dinámica entre 3T y el 3MT. Entre las causas determinantes se encuentra la conformación, tanto física (plantado de detrás y quebrado de corvejones) como funcional (los que arrastran cargas y saltan se comportan como un quebrado, y el dolor por esparaván hace comportarse como un plantado).

Kristoffersen (1981) mantiene que parte de la patogenia viene por la sinovitis originada por las tensiones periarticulares. Demuestra que como consecuencia, se incrementa la tensión intraarticular, motivando una compresión de las venas de la médula ósea determinantes del incremento de tensión en la médula ósea yuxtacondral o SCB. Ello originará una diferencia local en la difusión arteriovenosa que determinará

una alteración en el aporte nutricional. Cita a Arnoldi y colaboradores (1972) que mantienen que la isquemia venosa es un factor importante en las alteraciones estructurales del tejido óseo laminar.

Barneveld (1983) divide la patomorfogénesis del esparaván en tres fases. La primera se caracteriza por la fibrilación del cartílago articular, preferentemente dentro del borde dorsal y entorno a la fosa sinovial, más frecuentemente entre el 6º mes y el año de vida, y no existiendo diferencia respecto a la frecuencia, extensión y tipo de fibrilación entre la zona dorsomedial y la dorsolateral de la articulación CD. La densidad ósea medida por examen histomorfométrico del CT y del 3T es mayor lateral que medialmente (por lo que quita importancia a la causa de la mayor carga medial del tarso como origen del esparaván). Descarta que anomalías en la circulación arterial puedan ser causa del proceso, y detalla que la ruta subcondral es la más importante en la nutrición del cartílago articular del potrillo, siendo mucho menos importante para el cartílago adulto. Concluye que la etiología para esta fase son factores mecánicos.

La segunda fase corresponde a la osteolisis progresiva, donde ya se manifiesta clínicamente el esparaván, y donde los cambios son mayores dorsomedialmente, y finalmente la tercera fase corresponde a la anquilosis.

Watrous y colaboradores (1991) estudiaron 50 potros de 3 a 48 meses de edad encontrando lesiones en el tarso distal que corresponderían a las generadas por el mecanismo de la osteocondrosis, abogando este origen para explicar la patogenia del esparaván juvenil.

Barneveld y van Weeren (1999) estudiando los cambios que acontecen en la articulación CD de 43 potros WB entre 5 y 11 meses de edad sometidos a diferentes regímenes de ejercicio (en el contexto de un macro-estudio sobre osteocondrosis) determinan que las lesiones observadas son de naturaleza degenerativa, descartando el mecanismo de osteocondrosis de las mismas. También resuelven el carácter clínico no relevante de estas lesiones, que no deben interpretarse como estadios iniciales del esparaván juvenil.

Pool (1996) establece que el origen del esparaván corresponde a trauma periarticular, y que las articulaciones de baja movilidad, como la CD, son susceptibles de soportar cargas no fisiológicas y de alteraciones del metabolismo del cartílago y entorno articular, dado que el área de máximo soporte de peso es casi la misma durante la locomoción. Propone que el ciclo normal celular de metabolismo anabólico y catabólico requerido por la homeostasis articular depende del movimiento de la articulación en la carga del cartílago, por lo que cualquier disminución en su ya limitada movilidad originaría la OA. Detalla que las articulaciones con baja movilidad en su OA presentan poca evidencia de sinovitis, pero presentan necrosis en todo el grosor del cartílago con poca erosión, lisis subcondral por reabsorción del SCB por los osteoclastos, y progresión hacia la anquilosis.

McIlwraith (1996) clasifica la OA de las articulaciones distales del tarso como de Tipo 1, primarias, con iguales características que las que sufre el carpo, el menudillo y las articulaciones interfalángicas distales.

Kidd y colaboradores (2001) revisan la etiología de la OA en general estableciendo que el trauma “por el uso” repetitivo (diario o la competición) por encima de un umbral (pendiente de definir) es la causa más aceptada como desencadenante del proceso de OA en el équido. Citan a Radin y colaboradores (1991) que sostienen que una vez sobrepasado ese umbral genera esclerosis subcondral como mecanismo de defensa y remodelación del hueso a fin de aceptar estas cargas, lo que a su vez provoca la disminución de su capacidad de absorberlas y en consecuencia trasladarlas al cartílago articular. Como consecuencia, se rompen las uniones entre fibras de colágeno y se inicia el proceso de fibrilación y rotura del cartílago.

Kawcak y colaboradores (2001) mantienen que el proceso de modelación y remodelación del SCB está determinado por las tensiones en el hueso. Además citan a Rubin y Lanyon (1987) que mantienen que en una situación óptima de tensiones hay equilibrio entre formación y reabsorción, pero que por debajo de un umbral mínimo de tensiones se produce la reabsorción, mientras que por encima se produce su formación. A diferencia de las tensiones estáticas, pequeñas ráfagas de cargas dinámicas incrementan la formación ósea, por lo que tanto la magnitud como la relación y duración de una carga aplicada controlan la formación ósea.

Igualmente mantienen que las cargas repetitivas en impulso originan tensiones dinámicas que estimulan la remodelación ósea y que pueden resultar consecuentemente en disminución y pérdida de cartílago articular. En el caso de tensiones estáticas se ven cambios patológicos precoces en el cartílago articular sin cambios previos en el SCB.

Tranquille y colaboradores (2009) comparan el estado del SCB en las articulaciones tarsianas distales entre caballos mantenidos en pasto, caballos con ejercicio de monta en general y los de élite, resultando que los animales con ejercicio presentan un incremento general del hueso SCB. El espesor de la capa de cartílago hialino, cartílago calcificado y SCB de la zona osteocondral tarsal parece reflejar el modelo de cargas a lo largo de la superficie articular de la CD y la TMT: los animales de élite presentan mayor grosor del SCB en el aspecto medial de la CD y en el aspecto lateral de la TMT, lo cual sea probablemente una adaptación a los modelos de carga.

De hecho es la zona dorsomedial de la CD y la dorso-lateral de la TMT los lugares frecuentes de daño osteocondral (Laverty 1991; Dabareiner *et al.* 2003).

Tranquille y colaboradores (2011) obtuvieron más lesiones osteocondrales en los animales ejercitados que en los no, y con lesiones mayores que en los no ejercitados.

Así mismo en la CD se detectaron en el aspecto dorsomedial, mientras que en la TMT en la dorsolateral.

Bjornsdóttir y colaboradores (2004) estudian radiológica e histológicamente la articulación CD de caballos Islandeses obteniendo resultados que indican diferentes modelos de carga biomecánica en cada parte de la articulación, posiblemente con una tensión dinámica medial (con esclerosis subcondral sin condronecrosis) y una tensión más estática lateral (esclerosis subcondral con condronecrosis). Consideran que la esclerosis ósea es secundaria a la condronecrosis, concluyendo que para el caballo Islandés la esclerosis subcondral no es la causa primaria de OA de la CD. Por el contrario, consideran los defectos del interfaz óseo subcondral como el signo radiográfico más específico de la enfermedad, pues su asociación con la condronecrosis era alta. Estos mismos autores citan a Dieppe (1995), que mantiene que el inicio y la progresión hacia la expresión clínica de la OA son diferentes procesos que pueden tener diferentes factores de riesgo genético y ambiental, como explicación a que la condronecrosis aparezca primero en el aspecto medial para posteriormente manifestarse radiológicamente en el aspecto lateral.

La alta frecuencia de estos hallazgos histológicos en caballos jóvenes comparada con los hallazgos radiológicos en los animales de 6 a 12 años indica una progresión de la enfermedad muy lenta en muchos casos. Bjornsdóttir y colaboradores (2004) también citan a Youngman y colaboradores (1987) para los que algunas lesiones del cartílago de pie humano no evolucionan a OA (osteofito anterior de tibia, *lipping*, en articulación tibioastragalina). Acaban afirmando que la relación observada entre la esclerosis subcondral y la condronecrosis indican una distribución desigual de las fuerzas biomecánicas dentro de la CD por lo que concluye que en el caballo Islandés parece ser que más que sobrecargas o traumas, el principal factor etiológico es la mala conformación o arquitectura articular de la CD.

2.4.3. Factores predisponentes

2.4.3.1. Edad

Si bien se ha considerado que es un proceso que destaca en los animales de mediana edad, o al final de su vida útil en aquellos animales con actividad de trabajo (Gough y Munroe 1998), también encontramos el proceso en animales muy jóvenes, tanto en trotones (Hartung *et al.* 1983) como en animales de doma vaquera en sus diferentes modalidades americanas (Black 1991).

Se ha estudiado que el primer registro de esparaván en caballos Islandeses se da a los 5 años de edad, con una frecuencia en máximo incremento hasta los 8 años, estableciendo un posible factor de riesgo entre edad y signos radiológicos de esparaván óseo (Axelsson *et al.* 1998; Eksell *et al.* 1998; Axelsson *et al.* 2001).

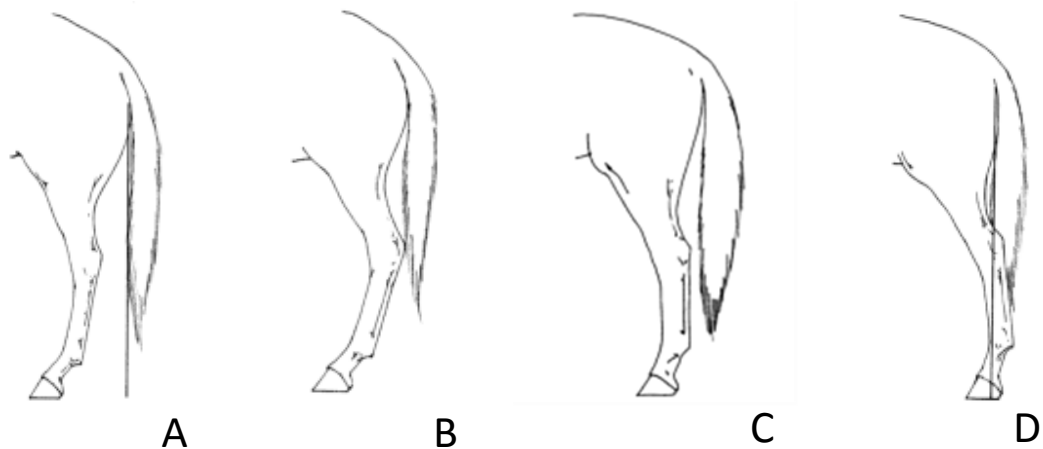
Björnsdóttir y colaboradores (2000) determinaron que la prevalencia de signos radiográficos estaba fuertemente correlacionada con la edad, incrementándose del 18,4% en caballos de 6 años al 54,2% en caballos de 12 años. No afecta a la presentación radiológica unilateral o bilateral, pero sí al número de articulaciones afectadas en la misma extremidad, así como una fuerte evidencia de incremento en la graduación de sus signos radiológicos. No obstante, la cojera no estaba correlacionada con la edad, ni con el sexo.

Sin embargo, Eksell (1999) determina que no existe asociación significativa entre edad y graduación de OA, aunque los caballos con degeneración articular eran significativamente mayores que los que no la presentaban ($p < 0,001$).

2.4.3.2. Conformación tarsiana

Definimos una conformación normal del corvejón en vista lateral a aquella en la que una línea imaginaria perpendicular al suelo que pase por la punta de la nalga (proyección de la tuberosidad isquiática) debe contactar la tuberosidad calcánea y a lo largo del grupo flexor de la caña. A partir de esta presentación consideraremos la conformación “remetida, quebrada, recta y plantada” según se adelanten o atrasen de la vertical (Stashak 1987) (Figura 2.8).

Figura 2.8. Conformación de corvejón: remetido (A), quebrado (B), recto (C) y plantado (D).

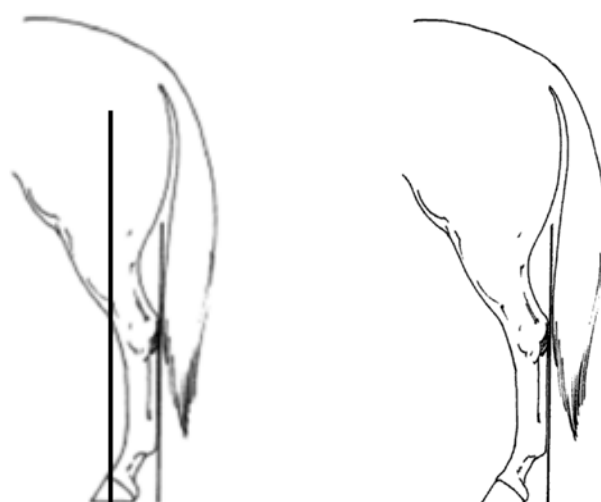


Tomado de Stashak 1987

Existen autores que definen la conformación normal a aquella donde la línea perpendicular al suelo y que pase por la articulación coxofemoral debe finalizar en mitad del casco, sistema muy práctico cuando se utilizan estudios cinemáticos (Gnagay *et al.* 2004), aunque la diferencia entre mediciones no supera 1° (Figura 2.9).

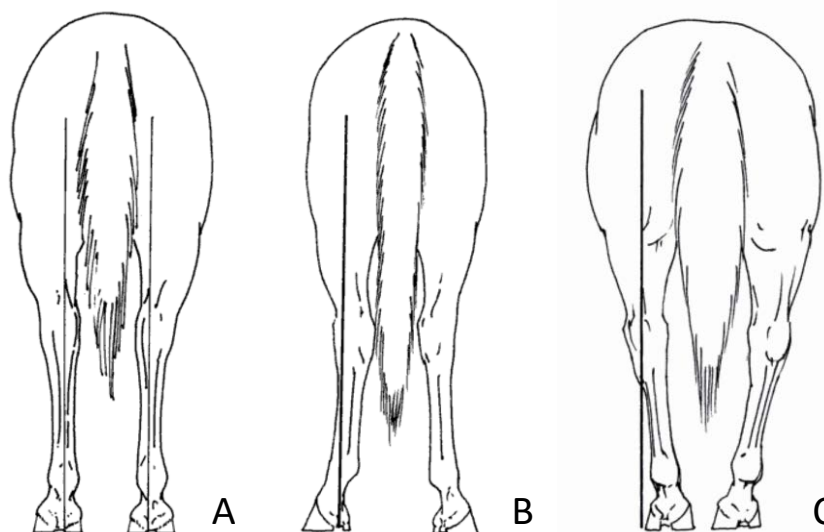
Del mismo modo, en la vista caudal consideramos una conformación normal cuando una línea imaginaria perpendicular al suelo y que pase por la punta de la nalga (tuberosidad isquiática) divida por igual la extremidad. El desviarse hacia adentro o afuera el corvejón determina las conformaciones “abierto y cerrado” (Figura 2.10).

Figura 2.9. Conformación normal del corvejón en vista lateral.



Modificado de Stashack 1987

Figura 2.10. Conformación normal (A), cerrado (B) y abierto (C) del corvejón según vista caudal.



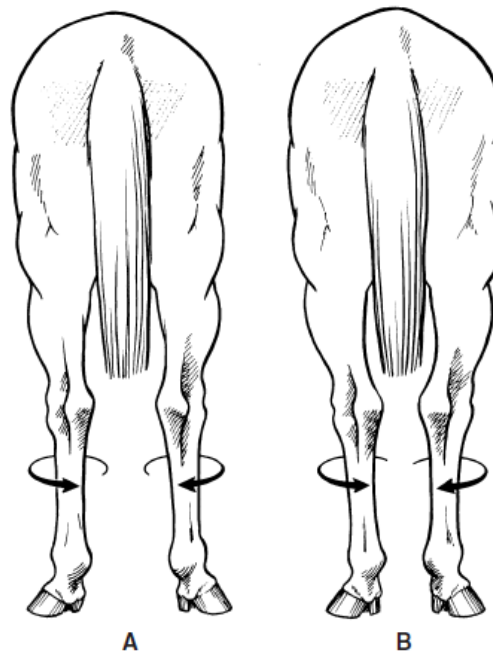
Tomado de Stashak 1987

Existe una importante literatura que apoya la predisposición a padecer esparaván a aquellos caballos con determinadas conformaciones: principalmente los quebrados de corvejones y los cerrados o de vaca, aunque también se incluyen los rectos de corvejones. Se ha hecho especial hincapié a la combinación de estas conformaciones con la dimensión del corvejón: débil, pequeño o delicado (Rooney 1968; Beeman 1973; Gabel 1982; Hickman 1985; Sullins 1985; Stashack 1987; Black 1991; Bohanon 1997; Gough y Munroe 1998; Baxter *et al.* 2003; Black 2003; Dabareiner *et al.* 2003).

Marks (2000), además de considerar la influencia del quebrado de corvejones con ángulos menores a 150°, diferencia entre dos tipos de cerrado de corvejones: aquellos en los que la caña queda vertical/perpendicular al suelo (a los que no muestra gran preocupación) y aquellos con valgus, a los que si considera influyentes.

Ross (2003) diferencia la rotación externa del tarso con extremos izquierdos, (lo cual origina corvejones próximos, que se miran, o cerrados), que a su vez pueden corresponder a aplomos de extremidades normales o a aplomos cerrados, de aquellos animales con desviaciones angulares del tarso o valgus, a los que adjudica realmente consecuencias patológicas (Figura 2.11).

Figura 2.11. Desviación rotacional del tarso determinando corvejones cerrados en aplomos normales (A) y en aplomos cerrados (B).



Tomado de Ross y Dyson 2003

Es decir, aquella conformación que tradicionalmente se ha conocido como cerrado de corvejones por tener los corvejones juntos pero que además se desvían lateralmente los extremos se han de considerar como valgus (Figura 2.10B).

Ross (2003a) considera que frecuentemente los remetidos también son quebrados.

Carslten y colaboradores (1994) obtuvieron para el caballo Islandés en Suecia una correlación positiva entre animales de conformación quebrada y esparaván. Eksell y colaboradores (1998) obtuvieron otra vez una relación significativa en los caballos Islandeses de Suecia con conformación quebrados de corvejones, con una prevalencia de signos radiográficos del 42%, y confirmado por Axelsson y colaboradores (2001).

Björnsdóttir y colaboradores (2004), en el caso de los Islandeses, creen que más que la sobrecarga o el trauma, la responsable principal de la OA en la CD es la conformación o la arquitectura articular.

De Souza (2000), sobre 170 caballos de Andalucía Occidental de todas las edades, de

los cuales 108 son PRE, encuentra las siguientes presentaciones:

- Remetidos de detrás: 20,5% de animales, media 10 años (28% en PRE), de ellos 43% presentó osteofitosis del tarso, ninguno con cojera. En otro 14% se evidenció OA, y en otro 20% reacción periosteal del borde proximal del 3MT. Demostró una alta asociación ($p=0.013$) entre remetido y osteofitos en la cara dorsal del tarso.
- Quebrado de corvejones: en 14 caballos, representando el 8%, media de 4 años (12% en PRE). Manifiestan osteofitos en la cara dorsal en 8 animales, OA en 2, entesitis dorsoproximal del 3MT en 5 casos.
- Recto de detrás: 11 animales, 6%. Media 8 años (8% de PRE). Osteofitosis en 6 casos, entesitis en 4 casos.
- Cerrado de corvejones: en 16 animales, representando el 9% (12% en PRE), apreciándose 4 casos con osteofitos en la cara lateral.

Finalmente, es importante destacar la mejoría de los estudios conformacionales mediante la aplicación de sistemas de análisis 3D del movimiento (Pourcelot *et al.* 2002; Weller *et al.* 2006; Doucet 2007; Kristjansson *et al.* 2013) respecto a los estudios fotográficos habituales.

No debe quedar duda sobre la importancia de estandarizar los procedimientos de evaluación de la conformación en el caballo, la necesidad de ganar información objetiva sobre este aspecto de la morfología, desarrollar conceptos bien sustentados, desmitificar otros tantos, aun con la dificultad de operar con tantos parámetros que afecten a su desarrollo (Belly y Bathe 1996). Al mismo tiempo, estos estudios permiten obtener y aportar relaciones objetivas entre conformación y resultados deportivos, así como relaciones con las patologías asociadas (VanWeeren y Crevier-Denoix 2006).

2.4.3.3. Ejercicio

Dadas las importantes fuerzas de compresión, rotación y deslizamiento que ocurren entre los huesos distales tarsianos, especialmente al galope (en caballos de carreras planas, salto y doma *western*), se ha abogado clásicamente por la importancia de que los entrenamientos de los animales sean lo más progresivos y escalonados posible, a fin de dar tiempo al hueso y estructura ligamentosa periarticular (así como tendones del tercer peroneo y tibial anterior) para su acondicionamiento, de esta forma evitando o retardando la aparición del esparaván (Gabel 1982; Stashak 1987).

Aunque puede ocurrir en cualquier momento de la carrera deportiva de un animal (Moyer 1988), se ha relacionado al esparaván con el entrenamiento intenso en animales jóvenes inmaduros, hecho que ocurre en los PSI de carreras planas a los 2 años de edad, o en trotones (Mailhac y Sevestre 1983; Stashak 1987; Bohanon 1998). Sin embargo, visto el estudio radiológico de Hartung y colaboradores (1983), se puede concluir que parte de los signos radiológicos en el

tarso de trotones jóvenes no es el resultado del entrenamiento en las pistas, pues estos previamente ya aparecían cuando se incorporaban al entrenamiento procedente de los pastos.

Barneveld y van Weeren (1999) no consiguen relacionar los diferentes regímenes de ejercicio en potros WB entre 5 y 11 meses con la frecuencia de presentación de OA tarsal distal.

Axelsson y colaboradores (2001) tampoco encuentran asociación entre inicio del entrenamiento a edades jóvenes con cojeras o signos radiográficos de degeneración articular en el tarso. Sin embargo, los caballos que inician su entrenamiento a la edad de 6 años o más presentan mayor prevalencia de cojeras, explicándolo por el hecho que los adultos son sometidos a ejercicios demandantes antes de haber adaptado sus tejidos a tensiones elevadas. Tampoco encuentra relación en el caballo Islandés con los diferentes regímenes de entrenamiento.

Existe una predisposición a sufrir lesiones específicas en tipo y localización en función de la categoría de deporte e intensidad o nivel de performance. De un total de 1.069 animales (Murray *et al.* 2006), para los caballos de uso general, la tercera localización de lesiones musculoesqueléticas se observa en el tarso en aproximadamente un 11,5%; para los de doma a nivel de élite en un 16,9%, y también en los de resistencia o *raid*, con un 15%.

Cuando Witthon y colaboradores (1999) someten a 6 potras de 18 a 21 meses a ejercicio intenso en tapiz rodante no obtienen diferencias significativas con otras tantas potras confinadas en cuadras respecto a la densidad de las áreas de SCB del 3T y CT medidas por RM (a diferencia de lo que ocurre en los PSI de carreras en el carpo), concluyendo que debe existir otros factores diferentes al ejercicio que estimulen la remodelación subcondral (como la conformación, el excesivo ejercicio en pastos de los animales jóvenes, o estreses derivados del “confinamiento”).

2.4.3.4. Herraje

Moyer y colaboradores (1983) mantienen que el 85% de caballos PSI de carreras planas eran herrados con extensiones en los talones de las herraduras posteriores. Su impresión es que cuando las extensiones se eliminaban, los animales mejoraban.

Hartung y colaboradores (1983) hacen referencia al herraje incorrecto y al mal cuidado del casco como elementos que pueden determinar cambios en la conformación especialmente de animales jóvenes-trotones-, que a su vez facilitarían la presentación del esparaván.

Baxter y colaboradores (2003b) determinan como factor predisponente ciertas prácticas de herraje, especialmente herraduras con extensiones laterales o ramplones laterales (Figura 2.12).

Figura 2.12. Herraduras con ramplones en talones.



Tomado de Thoro'Bred Inc (<http://www.thorobredinc.com>)

2.4.3.5. Genética

Eksell (1998) cita que Arnason y colaboradores (1984) establecieron que la conformación del caballo Islandés estaba determinada por una predisposición genética, por lo que tras su estudio donde relaciona los quebrados de corvejones con la alta prevalencia de signos radiológicos de OA distal tarsal, apunta que los factores genéticos pueden directa o indirectamente estar involucrados en el desarrollo de esta enfermedad.

Barneveld (1983) mantiene el carácter hereditario de esta enfermedad, y Stashak (1987) también atribuye cierta heredabilidad del esparaván a la conformación del corvejón.

Winter y colaboradores (1996), a partir de radiografías obtenidas de 3.566 animales subastados procedentes de siete asociaciones de razas alemanas, obtuvieron como resultado que la enfermedad navicular y el esparaván óseo son mucho más frecuentes que cualquier otro proceso óseo, con una heredabilidad estimada entre baja y media ($h^2=0,02$ y $0,18$). Como la correlación genética entre estos defectos y criterios de rendimiento (tipo habilidad para el salto o la monta) es insignificante, llegan a la conclusión que las enfermedades óseas son más influenciadas por los efectos del manejo, por lo que su selección tiene poco efecto. Es más, reduciría el progreso genético de estos rasgos de performance. Sin embargo y a pesar de lo expuesto, a fin de prevenir el deterioro genético por las alteraciones óseas, aconsejan excluir de la cría a sementales que muestran desviaciones frecuentes y significativas del estándar con respecto a ellas.

Dolvik y Gaustad (1996), a partir de 265 trotones SB de 3 años de edad aleatoriamente seleccionados en Noruega, evaluaron el nivel de cojeras, antes y después de pruebas de flexión de diferentes articulaciones. Obtuvieron como resultados una heredabilidad estimada de 0,25 para la variable continua (obtenida por la suma de puntuaciones iniciales y tras las pruebas), y 0,33 para la variable cojo/sano. Ambos resultados son consistentes y la metodología lineal indicó que

existía una diferencia significativa en la incidencia de cojeras entre los grupos de progeñe de los diferentes sementales ($p=0,05$).

Bjornsdottir y colaboradores (2000) estudiaron radiográficamente cojeras tras el test de flexión del tarso a 614 caballos Islandeses, de edades entre 6 y 12 años, utilizados para la monta y procedentes de 17 sementales. Concluyen que la heredabilidad de los signos radiográficos de OA de las articulaciones tarsianas distales (esparaván) no es significativamente diferente a 0, y que la heredabilidad estimada para las cojeras era del orden de 0,4, identificando una correlación positiva genética y fenotípica entre los signos radiográficos de OA de las articulaciones tarsianas distales y las cojeras. Proponen una selección en la cría basada en el test de flexión del tarso seguida del examen radiológico.

Posteriormente, Arnason y Börnsdóttir (2003), utilizando un modelo diferente de análisis, concluyen una heredabilidad estimada efectiva de $h^2=0,33$, y que la edad de inicio de signos radiográficos, que refleja la predisposición al esparaván óseo, es un rasgo con heredabilidad media-alta.

Stock y Distl (2005) concluyeron que la prevalencia de rasgos ortopédicos (entre ellos la artropatía deformante de las articulaciones tarsales) disminuye en los productos procedentes de sementales hannoverianos seleccionados en base a índices totales para hallazgos radiográficos.

Finalmente, Love y colaboradores (2006) establecieron para los PSI un índice de heredabilidad $h^2=0,38$ para la conformación de ángulos tarsales “excesivamente” pequeños (refiriéndose a los quebrados de corvejones).

2.4.4. Prevalencia

Moyer y colaboradores (1983) destacaron al esparaván como la causa más frecuente de cojeras del miembro pelviano en caballos de carreras PSI.

Para Gabel (1983), cualquier evidencia radiográfica leve o inicial de OA tarsiana en PSI u otras razas que galopan, deben ser observadas con un alto grado de sospecha.

Para Bell y colaboradores (1993), de la University of Illinois (EEUU), el esparaván representaba aproximadamente el 3% de las admisiones a su hospital, cifra similar al de otros hospitales como 1,2% en Ohio State University (EEUU) (Gabel 1982). Un tercio de las cojeras posteriores atendidas en el Royal (Dick) School of Veterinary Studies, University of Edinburgh (Reino Unido) se confirmaron originadas por esta patología (Gough y Munroe 1998).

Los diferentes estudios sobre animales (principalmente jóvenes) en exámenes de precompra han aportado importante información sobre la prevalencia de signos radiográficos anormales en el tarso. Howard y colaboradores (1992), revisando radiografías de los exámenes precompra de potros de 1 año PSI en EEUU, sobre 710 tarsos

(357 izquierdos y 353 derechos) obtuvo un 6,2% de anomalías radiológicas: un 3,7% de OCD y un 2,3% de exóstosis periarticulares de la articulación TMT.

Kane y colaboradores (2003), en un estudio retrospectivo de los exámenes precompra y post compra de las subastas de potros de un año PSI de julio y septiembre desde el 1993 al 1996 en una clínica privada de Kentucky (EEUU), sobre 1.162 potros se encontraron un 17,5% de osteofitos y entesofitos de las articulaciones tarsianas distales, un 7,3% de lisis subcondral, y un 1,2% de aplastamiento o colapso tarsal (la mayoría el 3T).

Preston y colaboradores (2010), en las subastas Keeneland de potros de un año PSI de septiembre 2006 en Kentucky, de 397 potros se encontró un 27% de osteofitos o entesofitos afectando las articulaciones distales tarsales. Se encuentran cifras similares (31%) en las subastas de potros de 1 año PSI de Nueva Zelanda entre 2003 al 2006, de un total de 1.503 potros (Oliver *et al.* 2008).

Contino y colaboradores (2012), detallando un estudio de precompras en QH destinados a la modalidad *cutting* (variedad de doma vaquera) entre 2005 y 2006 sobre 458 potros de 1 y 2 años, encontró osteofitos en tarso en un 45,9% de animales, de los cuales el 33,3% eran bilaterales. El 17,3% presentaron lesiones líticas, el 6,6% presentó esclerosis, el 2,5% presentó estrechamiento de las articulaciones tarsales distales, y el 6,8% presentó algún tipo de malformación del CT y 3T.

Hartung y colaboradores (1983) estudiaron 131 trotos alemanes de entre 18 y 23 meses que no presentaban cojeras, resultando signos radiológicos de esparaván en el 64,6%. Cuando los mismos animales tuvieron los 3 años, ascendió al 70,5%.

Axelsson y colaboradores (1998), en su estudio radiológico sobre prevalencia de esparaván en el caballo Islandés en Suecia, de un total de 379 animales, un 23% presentó signos radiográficos (con una sola proyección radiográfica, la dorsolateral-plantaromedial oblicua), de los cuales el 53% eran bilaterales. El 31% presentaron alteraciones palpables en el aspecto medial del corvejón, significativamente más frecuentes en la extremidad derecha que en la izquierda, de forma ligera. Tras el test de flexión, mostraron cojera el 25% de caballos con mayor presentación en la extremidad derecha, y de intensidad principalmente ligera. Encontró OA de la articulación TCC en el 8% de las extremidades con signos radiográficos de esparaván. Estos datos son muy parecidos a los obtenidos por Carlsten y colaboradores (1994), que sobre la misma población hallan una prevalencia de esparaván por presencia de signos radiológicos en un 22%, aunque de ellos el 58% no presentaba cojera. Sin embargo encontraron un 11% de animales cojos antes de la flexión, presentando signos radiológicos un 50%, mientras que los positivos al test de flexión fueron un 27%, presentando signos radiológicos un 42% de ellos. Todos los animales de menos de 5 años eran radiológica y clínicamente normales.

Björnsdóttir y colaboradores (2000), en un estudio sobre prevalencia de esparaván en 614 caballos Islandeses en Islandia, se vio que un 30,3%, de los cuales lo padecían bilateralmente un 64,52%. Se palparon anomalías en el aspecto dorsomedial del tarso en el 31,1% de animales, significativamente más frecuentes en la extremidad derecha que en la izquierda, aunque de una forma ligera. Dado que en estos caballos solo el 23,5% desarrollaron osteofitos periarticulares detectados mediante radiografías, concluye que estas anomalías son más probablemente causadas por organización de tejido blando proliferativo que óseo. Tras el test de flexión, mostraron cojeras el 32,4% sin diferencias entre la derecha y la izquierda, con presentación entre estos del 88,6% como ligera, mientras que solo el 11,4% fue moderada o grave.

Fairburn y colaboradores (2010), en su estudio retrospectivo sobre osteofitos en el aspecto dorsoproximal del 3MT, de 455 caballos da como resultado que el 30% presentan dolor tarsal distal sin signos radiológicos, un 46,7% presentan signos radiológicos de OA sin cojera, y de los que presentaron cojeras posteriores de cualquier origen, el 52% tenían evidencia radiológica de OA.

Ley y colaboradores (2013), sobre 24 cadáveres de caballos Islandeses de 29 a 31 meses de edad, obtuvo un 63% de lesiones en la articulación CD confirmadas histológicamente cuando éstas se hacían guiadas por RM y TC. Posteriormente en 2015, sobre 38 caballos Islandeses de entre 27 y 29 meses de edad, obtuvo mediante radiología resultados de 32 (sobre 75 extremidades) positivas a OA de la articulación CD, todas ellas confirmadas histológicamente.

En lo que respecta a los estudios realizados en España, en un estudio retrospectivo del Hospital Clínico de la Facultad de Veterinaria de Córdoba, entre 1995 al 1999, de un total de 222 caballos PRE, el 30,18% presentaban OA del tarso, y de ellos el 13,43% presentaban cojeras (Novales *et al.* 2000). En otro estudio, Hernández (2003), de un total de 250 caballos PRE, establece una presentación de OA del tarso del 30,4%, siendo bilaterales el 48,7%, con una manifestación de cojeras en el 36,8%.

2.4.5. Diagnóstico

El diagnóstico del esparaván va a realizarse basándose en la información disponible y en los hallazgos determinados en el examen clínico y al examen mediante imágenes, sin descartar los que se realizan como consecuencia del resultado directo de la implantación de medidas terapéuticas.

2.4.5.1. Historial

Los caballos afectados por OA de las articulaciones distales del tarso suelen presentarse con una historia de cojera crónica, habitualmente intermitente y poco aparente, que empeora a medida que se les incrementa la duración e intensidad del ejercicio (Gabel 1983). No obstante, también es habitual la presentación

sencillamente en forma de pérdida del rendimiento e incluso cambios de conducta, este último típico en los caballos de doma vaquera al rehusar la marcha atrás, giros o cambios de dirección bruscos y la parada forzada (Black 1991).

En el caso del SB de carrera, la cojera mejora simplemente con el reposo, aunque reaparece al reanudar el entrenamiento o incrementar el nivel del mismo (Gabel 1983).

En muchas ocasiones, la única queja del propietario está encaminada a un dorso doloroso (Gabel 1983; Moyer *et al.* 1983), aunque en estos casos silenciosos puede presentarse cojera tras el herraje de las extremidades posteriores (Verschooten y Schummaker 1994) como consecuencia del estrés tarsal que supone este procedimiento.

Típicamente se da en animales de mediana a avanzada edad, con una vida activa en relación al ejercicio.

2.4.5.2. Sintomatología

En las fases iniciales el examen físico apenas revela datos de esta patología: la palpación de las estructuras periarticulares de la zona tarsal distal escasamente denotan inflamación de los ligamentos colaterales y tendones dorsal del tercer peroneo y medial del tibial craneal, y solamente en algunos casos muy avanzados se aprecia un crecimiento medial típico del esparaván. Este crecimiento no siempre es resultado de la anquilosis de las articulaciones distales, evidente radiológicamente, pues hay casos donde está compuesto exclusivamente de tejido fibroso (Dyson 1996).

Puede ser interesante la evaluación del dolor en la zona medial distal utilizando el test de Churchill, aunque debe ser repetido varias veces para confirmar una respuesta positiva o negativa (Baxter *et al.* 2003). En équidos de salto, este test frecuentemente da resultados positivos en dolor localizado en la articulación TMT, pero no cuando se localiza en la CD. Puede dar también resultados positivos asociados a desmitis de la parte proximal del suspensor del menudillo (Boswell *et al.* 2003).

El test de Churchill consiste en la aplicación de presión digital (con el dedo índice y corazón) en la cresta ósea formada entre la cabeza del 2MT y el 1+2T (zona de inserción del tendón cuneano) manteniendo la extremidad en ligera flexión, con el casco a unos 30 cm del suelo. La presión se aplica en incremento gradual tres veces con un segundo de descanso, siendo la respuesta positiva la abducción de la extremidad, aunque no se debe confundir con flexiones agitadas (Ross 2003b).

En ocasiones, las quejas del propietario o entrenador van dirigidas a la presencia de dolor en dorso o grupa, pudiendo llegar a apreciarse cierto grado de atrofia de la musculatura glútea o dolor en la región lumbar, como reflejo de problemas secundarios al esparaván originados por la adaptación del movimiento al dolor en el corvejón.

En los casos de esparaván con alteración de la articulación intertarsiana proximal, se puede observar ligera distensión de la cápsula articular de la articulación tibiotarsal (Boswell *et al.* 2003).

En muchas ocasiones, el animal presenta cojera y rigidez al salir de la cuadra, mejorando en cierto grado durante el calentamiento inicial (Black 1991). Generalmente la cojera es de presentación gradual, obvia en la parte inicial del ejercicio para mejorar gradualmente (Bohanon 1997).

La observación del movimiento desde una posición lateral denota un arco de vuelo del casco reducido que conduce en los casos graves a un arrastramiento de la lumbre, y un acortamiento de la fase craneal del tranco, así como a una extensión reducida del menudillo en la fase de apoyo, todo ello más evidente al trote (Dabareiner *et al.* 2003).

Por otra parte, la observación del movimiento desde detrás del animal, a medida que se aleja al trote, denota una desviación gradual axial en el vuelo del casco durante la fase craneal del tranco seguida de una desviación rápida abaxial al finalizar el tranco, es decir, la extremidad desviándose medialmente (adducida) con el casco contactando lateralmente el suelo (Bohanon 1997; Gough y Munroe 1998).

Esto determina que a nivel del casco, la inspección visual denote excesivo desgaste en la lumbre y en el cuarto lateral (Figura 2.13).

Figura 2.13. Herradura con excesivo desgaste en lumbres y cuarto lateral.



Gentilmente cedidas por Angus Wiserman

Utilizaremos la posición caudal para detectar la asimetría del movimiento entre las dos extremidades posteriores mediante la evaluación, bien de las diferentes alturas que alcanza la punta del corvejón, bien el desplazamiento vertical de la tuberosidad coxal, el cual se haya incrementado en la extremidad coja (May y Wyn-Jones 1987). La grupa queda más alta cuando la extremidad coja empieza a soportar peso que

cuando lo hace la extremidad sana, y la cabeza baja cuando la extremidad coja alcanza el suelo.

Para la cuantificación objetiva de la recuperación del movimiento en cojeras posteriores tras anestesias, de los diferentes parámetros pélvicos útiles, destaca el movimiento hacia arriba de la tuberosidad sacra (aunque visualmente requiera centrarse simultáneamente en el movimiento de la pelvis y la extremidad), seguido por la evaluación de la amplitud del movimiento de la tuberosidad coxal, y por el desplazamiento ventral del sacro (estos dos últimos no requerirían este condicionamiento) (Pfau *et al.* 2014a). Sin embargo, hemos de recordar que el ojo humano no es capaz de reconocer diferencias de amplitudes menores al 25% entre movimientos de dos objetos (como es el caso de las oscilaciones de las tuberosidades coxales), motivo por el que se requiere una destreza o entrenamiento especial a la hora de evaluar estas asimetrías que se dan en cojeras muy ligeras (Parkes *et al.* 2009).

Hay que prestar especial atención al momento de girar por las molestias que este gesto puede ocasionar (Gough y Munroe 1998).

Si la evaluación en línea recta tanto al paso como al trote se debe realizar en terreno duro, también es aconsejable que así lo sea para estudiar el movimiento en círculos. La cojera se hace evidente, o se exagera, generalmente cuando la extremidad afectada queda en el interior, aunque puede darse el caso de que lo sea cuando se encuentre en el exterior, en función de la localización de las lesiones (Black 1991). El estudio del movimiento en círculo es muy útil en los abundantes casos de cojeras bilaterales.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuando se observan cojeras en círculo, la tasa de concordancia entre veterinarios menos experimentados (y también entre los que sí lo eran) es muy pobre, especialmente para las del miembro posterior (Hammarberg *et al.* 2015).

Tradicionalmente se ha venido empleando la prueba de la hiperflexión del corvejón para exacerbar la cojera en el caso de la OA distal tarsal, aunque su interpretación debe realizarse con cautela: debido al aparato recíproco, esta hiperflexión lleva asociada otra flexión de la babilla y la cadera, incluso del menudillo y articulaciones interfalangeanas, pudiendo originar un resultado positivo por dolor originado en estas otras localizaciones, por lo que otros autores denominan más acertadamente a esta prueba como test de flexión global de la extremidad posterior (Denoix 1992).

Es interesante la aportación de Sonnichsen y Svalastoga (1985) que emplean un protocolo diferencial de flexiones para adjudicar al tarso el dolor: primero flexión máxima del pie (1-2 min) seguido de trote, segundo flexión máxima de cadera y babilla (1-2 min) seguido de trote, y finalmente flexión máxima de corvejón o flexión global de la extremidad posterior (1-2 min) seguido de trote, y comparación si la última ha incrementado o significado la cojera. Explican también que un incremento

de la presión articular motivada por la flexión, por la efusión o por ambas, determinan un incremento en la presión del SCB, que junto a una disminución del retorno venoso origina el dolor al test. Estas conclusiones proceden del estudio realizado por Kristoffersen (1980) al medir por métodos directos la presión intraósea originada por el edema subcondral asociado al proceso de OA en el tarso del caballo.

También resulta interesante el protocolo de flexiones que utiliza Major (2012) en los procedimientos de diagnóstico de cojeras asociadas al corvejón o a la babilla en caballos de doma *western*: primero flexión del menudillo, seguido de flexión máxima del corvejón para acabar con flexión de la babilla con resultados meramente orientativos. Destaca que en estos caballos encuentra muchos falsos negativos, y si bien una respuesta mayor al test del corvejón (en relación a la babilla) le sugiere una cojera de este origen, sin embargo una respuesta muy incrementada la relaciona a un origen de la babilla. Incomprensiblemente, no es raro encontrar respuestas positivas a la flexión en animales que compiten bien, y puede que no tenga ninguna relación con la causa de una bajada en el rendimiento deportivo.

De esta prueba actualmente existen tres técnicas, diferenciadas por la forma de la sujeción de la extremidad: la primera y más antigua, con las manos elevando la caña, proximalmente al menudillo. La segunda con las manos en la lumbré del casco, elevándolo de forma que origine la máxima extensión del menudillo, y la hiperflexión del tarso (Bohanon 1997; Dyson 1997a) para de esta forma evitar compresiones digitales en los sesamoideos superiores, suspensor del menudillo, grupo flexor y cuartilla. La tercera consiste en flexionar el corvejón mediante la flexión del menudillo y resto de interfalángicas sujetando el casco por la lumbré (Denoix 1992; Ross 2003b)

Especial atención debe observarse en evitar abducción o adducción de la parte proximal de la extremidad. Ross (2003b) aconseja que un ayudante colabore en el apoyo correcto vertical de la extremidad contralateral del animal situándose en el lado opuesto con la mano sobre la tuberosidad coxal.

La prueba de la hiperflexión del tarso debe emplearse primero sobre la extremidad sana o la menos coja a fin de evitar una respuesta mantenida dolorosa de la coja que enmascare a la supuestamente sana. Se realiza durante 45 a 60 s (Bohanon emplea 90 s) tras los cuales es conveniente dejar que el animal de varios pasos antes de trotar en recto. Si un caballo normal puede dar 2 o 3 pasos “cojos/alterados”, consideraremos una respuesta positiva a la aparición de 5 o más pasos alterados. El acortamiento a 5 s del tiempo de flexión no mejora el resultado, comparándolo a 60 s (Armentrout *et al.* 2012).

Gabel (1983) propone un protocolo de actuación una vez efectuado el test de hiperflexión máxima de corvejón de la extremidad sana, que pasa por el test de fijación superior de la rótula, test de la cadera, test de ligamentos cruzados, test del

ligamento colateral medial y al final, la hiperflexión máxima del corvejón de la extremidad coja. Todo ello a fin de evitar dar un resultado positivo al test de hiperflexión máxima del tarso cuando el dolor proceda de la babilla o cadera.

Por último, hay que dejar constancia del trabajo de Keegan y colaboradores (2010), donde aseguran que el grado de coincidencia entre clínicos experimentados (media de 18,7 años) para determinar cojeras de escala menor o igual a 1,5 según la graduación de la *American Association of Equine Practitioners* (AAEP), era del 51,6%.

Como observación a este resultado, hemos de puntualizar que a pesar que la escala de la AAEP se gradúa en cinco únicas categorías, en este estudio se les permitió a los evaluadores utilizar medias graduaciones. Nos remitimos al apartado 3.4.2 *Examen dinámico* del capítulo *Materiales y Métodos* de nuestro estudio para su desarrollo.

2.4.5.3. Anestesias diagnósticas

Una vez sospechada la OA tarsal distal mediante el historial y los signos clínicos, acentuados mediante las pruebas de flexión superior de la extremidad, el protocolo que se ha aceptado empieza por las anestésias perineurales a fin de delimitar el dolor a la zona tarsiana. Para ello utilizaremos la analgesia metatarsal baja de 6 puntos para descartar cualquier implicación distal de la extremidad. Visto el componente cada vez más importante del dolor en el origen del suspensor del menudillo, en los casos que se deba descartar, se empleará la anestesia subtarsiana para bloquear los nervios plantar metatarsal medial y lateral, o la rama profunda del nervio plantar lateral (Ross y Dyson 2003).

Es en este punto cuando la gran mayoría de clínicos utilizan la anestesia intraarticular y solamente en los casos en los que no se pueda realizar, especialmente en aquellos donde la proliferación ósea ocasionada por la degeneración articular impida físicamente la artrocentesis, se recurre a una analgesia superior, a saber, los nervios tibial y el peroneo profundo y superficial. Se aconseja realizar primero la analgesia del tibial, para continuar si fuese necesario, con el peroneo antes de que desaparezca el efecto del primer bloqueo, teniendo como inconveniente la dificultad de evaluar la efectividad del bloqueo (Dyson 1997b; Gough y Munroe 1998). Sin embargo, con la práctica, son seguros y eficaces obteniendo mejorías superiores a la intraarticular (Dabareiner *et al.* 2003) dentro de los 20 min.

El objetivo de la anestesia (intraarticular) de las articulaciones intertarsianas distales se considera doble: por un lado, previa a la radiografía, determina la supresión del dolor originario de las mismas, confirmando el diagnóstico que nos ha inducido el historial y signos clínicos. Por otro lado, la utilizamos para valorar el alcance patológico, repercusión y pronóstico de los signos radiológicos y/o imagen de RM que presenta el animal, pues como bien está descrito (Hartung *et al.* 1983), hay multitud de casos con signos radiográficos generalmente ligeros a moderados que no

determinan cojera. Hay que valorar el alcance de los posibles falsos positivos o negativos (Denoix 1994).

Independientemente de las consideraciones ya detalladas sobre las comunicaciones entre las articulaciones distales tarsales, sobre la evolución en la técnica de la artrocentesis y difusión de contrastes, anestésicos y medicaciones, la gran mayoría de clínicos optan lógicamente por realizar la relativamente segura y cómoda artrocentesis TMT mediante abordaje plantarolateral como única vía diagnóstica y terapéutica. Se ha evolucionado en la cantidad de anestésico a utilizar, quedando probada la tendencia a la baja, mínimamente con 2 a 4 ml de mepivacaína (Bohanon 1997) a fin de no interferir en bloqueos periarticulares como consecuencia de la difusión del exceso de anestesia.

Se considera respuesta positiva a mejorías de la cojera del 50% o más dentro de los 10 min iniciales (Dyson 1997b), aunque hay autores que reevalúan la cojera a los 30 min (Dabareiner *et al.* 2003). Dyson (1997b) encuentra la reevaluación de la flexión potencialmente conducente a error, mientras que otros no. No se conseguirá una total mejoría cuando exista dolor intramedular (Sonnichsen y Svalastoga 1985; Bohanon 1997).

Dada la posibilidad en algunos animales de falta de comunicación entre las dos articulaciones distales del tarso, o que las lesiones se encuentren exclusivamente en la CD, podemos obtener como resultado una falta de mejoría tras la artrocentesis de la TMT que no debe conducirnos a desechar esta patología. Es por este motivo el que tradicionalmente se haya abogado por proceder en estos casos y a posteriori a la artrocentesis de la CD, mediante abordaje medial, antes de descartar el origen distal tarsal. Insisto en el planteamiento actual del abordaje dorsolateral de la CD (Just *et al.* 2007).

En caballos con muy abundante remodelación ósea o que han recibido múltiples tratamientos intraarticulares con corticosteroides, la artrocentesis puede llegar a ser muy difícil de realizar (incluso utilizando presiones de inyección altas). En estos casos, tras la respuesta negativa a la anestesia subtarsal e intraarticular de la tarsocrural, pero positiva al bloqueo de los nervios tibial y/o peroneo superficial y profundo, podemos inferir con razonable apoyo el origen tarsal distal de la patología (Bohanon 1997; Dabareiner *et al.* 2003), aunque mediante la gammagrafía y la RM actualmente podemos llegar a esta conclusión de una forma más consistente.

Es de gran importancia esperar como mínimo 20 min para evaluar el resultado y la eficacia de la anestesia, aunque no debemos dar como negativo hasta pasada la hora, y teniendo en cuenta que el animal mejorará pero paradójicamente arrastrará la lumbre del casco (Dyson 2012a).

Es interesante la opinión de Arkell y colaboradores (2006), sobre la influencia en el

grado de cojera asignado por clínicos una vez se conoce la aplicación de anestias locales en el animal, donde resulta una consistencia razonable entre expertos ortopedistas, pero pobre entre no expertos o estudiantes finales de veterinaria.

2.4.5.4. Diagnóstico por tratamiento

Cuando existe daño subcondral extenso, los resultados de la anestesia intraarticular son muy limitados, así como cuando no existen cambios radiográficos. En estos casos, la utilización de corticosteroides intraarticulares ocasiona una mejoría notable, que a la vez nos confirma el diagnóstico.

Idéntico planteamiento ocurre frecuentemente en los casos de cojeras extremadamente subclínicas o en casos de pérdida del rendimiento, donde solo la mejoría producida tras el tratamiento nos demuestra el origen de esta patología (Dabareiner *et al.* 2003).

La preferencia general es de utilizar MPA en aquellos caballos con lesiones radiográficas evidentes o intensas, mientras que en su ausencia se prefiere acetato de triamcinolona (Bohanon 1997).

2.4.5.5. Diagnóstico por imagen

En el apartado siguiente de la revisión radiológica se expondrán los diferentes signos de alteración radiológica presentados en las articulaciones distales tarsales. Es un hecho reconocido desde hace más de 30 años la gran variabilidad entre la presentación de signos radiográficos y su repercusión exterior en el dolor y cojera tarsiana, es decir, animales con muy ligeras alteraciones radiológicas que manifiestan cojera mientras que otros con cambios extensos no manifiestan dolor (Dabareiner *et al.* 2003).

Para Moyer y Brokken (1983), no existe correlación entre el grado de cambios radiológicos y la duración y gravedad de la cojera.

Björnsdóttir y colaboradores (2000), en un estudio sobre prevalencia de esparaván en 614 caballos de raza Islandesa en Islandia, obtiene como resultado un 13,8% de animales con signos radiográficos de esparaván sin cojeras, un 16% de cojeras sin signos radiográficos y solo un 16'4% de caballos con signos radiográficos y cojeras.

En el estudio retrospectivo de Van Hoogmoed y colaboradores (2003) sobre exámenes pre-compra realizados en la Facultad de Davis, California (EEUU), desde 1991 al 2000, en seguimiento mínimos de 8 meses, concluyen que para lesiones incluso avanzadas de OA distal tarsal los animales se encontraban activos, y la posibilidad de asociarse a cojeras era menor que otras entidades patológicas (con los sesgos y consideraciones pertinentes).

Para concluir, hemos de enfatizar que ante la sospecha de degeneración de las articulaciones distales del tarso, se debe recurrir al empleo de procedimientos

diagnósticos por imagen, prioritariamente la radiología (Sigurdsson 1991).

Estas consideraciones manifestadas afectan en menor medida a las otras técnicas de diagnóstico por imagen que se pueden emplear.

2.4.5.5.1. Radiología

2.4.5.5.1.1. Técnica radiológica

Para el estudio radiológico del tarso, en especial en lo referente a la determinación de los signos radiográficos del esparaván, tradicionalmente se ha venido utilizando cuatro proyecciones radiográficas, de acuerdo con la nomenclatura estándar (Smallwood *et al.* 1985): dorsoplantar, lateromedial, dorsolateral-plantaromedial oblicua y dorsomedial-plantarolateral oblicua. Sin embargo, la Federación Internacional de Asociaciones de Caballos Islandeses (FEIF), en los procedimientos para el cumplimiento de las normas destinadas a reducir la prevalencia del esparaván en sus caballos, sustituye la proyección dorsomedial-plantarolateral oblicua por la plantarolateral-dorsomedial oblicua, pues es esta proyección la que tiene mayor sensibilidad para detectar el esparaván óseo en los caballos Islandeses (Eksell *et al.* 1999), evitando el 11% de falsos negativos asociados a la primera.

Para la correcta realización de las mismas, se requiere que el animal se encuentre cuadrado de forma que apoye equilibradamente sus extremidades, y que la extremidad a estudio soporte el peso de forma que la caña se disponga perpendicular al suelo. Lógicamente según carácter del animal, se podrá recurrir a que un asistente levante la mano ipsilateral o a su sedación.

- Proyección lateromedial

Los labios lateral y medial de la tróclea del astrágalo quedan casi superpuestos, y el borde plantar del 4T queda proyectado ligeramente por detrás del 1+2T. Para facilitar la correcta posición, y dado el alto porcentaje de PRE de conformación cerrado de corvejones, se aconseja que la dirección del rayo se encuentre en el plano en el que se visualiza una superposición de los bulbos de los talones. Dada la angulación de las superficies articulares distales, se aconseja que la dirección del rayo sea de 3°, 5° a 10° proximodistal, centrándola en el hueso tarsal central (Morgan *et al.* 1991).

La parte dorsal de la CD frecuentemente se proyecta como una línea doble. Es la de menor anchura, siendo la TCC la de mayor y la TMT con una anchura media.

La altura del CT y del 3T es muy similar. La estructura interna de los huesos debe ser uniforme desde el aspecto dorsal al plantar, con las trabéculas óseas orientadas perpendicularmente a los espacios articulares.

Esta proyección es ideal para evaluar reacciones periosteales en los bordes dorsales articulares.

- *Proyección dorsoplantar*

La mejor proyección para evaluar la zona medial de las articulaciones intertarsianas y TMT es dirigiendo el rayo al central tarsal de forma horizontal al suelo, mientras que para evaluar las zonas laterales, es preferible angular 10° en dirección proximodistal (Morgan *et al.* 1991).

Se evalúa la amplitud de los espacios articulares y reacciones perióticas en los márgenes medial y lateral, teniendo en consideración que la superposición del 3T con la cara medial irregular del 1+2T puede ocasionar falsas imágenes de osteofitos periarticulares (Kneller y Losonsky 1989; Dik y Gunsser 1990). También conviene tener en cuenta que en ciertos casos, el surco transversal del 3T puede quedar destacado en exceso, dando falsas imágenes de fractura o crecimientos periosteales (Kneller y Losonsky 1989).

El margen articular lateral de la CD queda desdibujado por la superposición del 4T (Eksell *et al.* 1999).

Diversos autores proponen desviar lateralmente 10° para visualizar claramente la articulación entre el maléolo medial y la cresta troclear medial del talus (DL10°-PIMO) (Hance y Morehead 2000; Colon 2004; Santschi 2013).

- *Proyección dorsolateral-plantaromedial oblicua*

Angulamos la dirección del rayo en relación al plano sagital preferentemente a 35°, o 45°, aunque en función de la búsqueda puede variar hasta los 30° y 60°.

Se visualiza la cara dorsomedial del CT y 3T, y el aspecto plantarolateral del 4T.

Se aprecia la apertura dorsal del canal tarsiano como una área claramente radiolúcida, algo menos la apertura plantar, dispuesta sobre el 4T.

Curiosamente Santschi (2013) comenta que esta proyección es la que menos información adicional aporta en el caso de animales jóvenes.

- *Proyección dorsomedial-plantarolateral oblicua*

Esta proyección se realiza con una angulación de 45° a 60° en relación al plano sagital.

- *Proyección plantarolateral-dorsomedial oblicua*

Para Verschooten y Schramme (1996) se obtiene la misma imagen que con la dorsomedial-plantarolateral oblicua, con la diferencia de aumentar la seguridad del operador y no tener que cambiar de lado para su ejecución.

Inclinamos la dirección del rayo 55° en relación al plano sagital, plantarmente (o 35° desde el lateral). Eksell y colaboradores (1999) trabajan a 45°.

Se visualiza la cara dorsolateral del CT y del 3T, así como el aspecto plantaromedial del 1+2T.

Permite evaluar el aspecto dorsolateral de los espacios articulares (May *et al.* 1986). Los tres forámenes interóseos se aprecian en esta proyección, siendo el de la CD más alto proximodistalmente pero más corto dorsoplantarmente que el de la TMT.

A fin de mejorar la definición de los márgenes de las superficies articulares CD y TMT en todas las proyecciones oblicuas, actualmente también se aplica una angulación de 10° en el sentido correspondiente, tal como se hace con la proyección dorsoplantar (Puchalski 2015).

Recomendamos el acceso a la web Imaging Anatomy de la University of Illinois (EEUU) donde se pueden observar ejemplos interactivos de las proyecciones radiográficas descritas.



Imaging Anatomy

Dr. Gerald J. Pijanowski (University of Illinois)
http://vetmed.illinois.edu/courses/imaging_anatomy/equine/hindlimb/tarsus/ex01/ex01.html

2.4.5.5.1.2. Interpretación radiológica

Los signos radiográficos de degeneración articular en las articulaciones tarsianas distales son variados, y su interpretación (o conocimiento a medida que mejora la técnica radiográfica) ha ido variando con el tiempo (Schebitz 1965; O'Brien 1974; Rendano y Quick 1978; Dik 1980) de forma que en la actualidad el nivel de detalle que se alcanza con la radiología digital permite detectar precozmente sus diferentes formas de lesiones, aunque no por ello debemos contextualizarlas en relación a parámetros como el tipo de animal, edad, raza e historial de trabajo (Hernández 1996; 2003).

Muy genéricamente se podrían clasificar según su repercusión en la presentación de la cojera en (Verschooten y Schramme 1994):

1) No asociados a cojeras:

- Crecimiento en el borde dorsoproximal del 3MT.
- Anquilosis espontánea de la articulación CD sin desorganización interna de sus huesos, sin crecimientos periarticulares, y sin cojera. Al parecer corresponde a una alteración congénita del desarrollo (Verschooten y Schramme 1994).

- Formación periosteal leve a moderada que no afecte a los márgenes articulares (Shelley y Dyson 1984).

2) *Implicación incierta a cojeras:*

- Ligeras irregularidades de los espacios intertarsales, observados tanto en sanos como en animales cojos.
- Osteoesclerosis de un foramen interóseo, como un signo aislado.
- Lesiones subcondrales quísticas únicas, solitarias, con márgenes bien delimitados, incluso próximos a una articulación.
- Proliferación ósea extensiva, localizada y no reactiva (Shelley y Dyson 1984).

3) *Asociados a cojeras:*

- Estrechamiento e irregularidades del espacio articular. Hay que considerar las variaciones que pueden experimentar con la edad del animal (los jóvenes presentan espacios más anchos), con diferencias de la carga de la articulación (descuadrados).
- Remodelación del SCB adyacente a un espacio articular afectado. Reducciones moderadas a graves de la densidad ósea en cualquier localización, así como erosiones óseas circunscritas o quistes subcondrales en cualquier localización (Shelley y Dyson 1984; May 1986).
- Esclerosis subcondral interna del CT o 3T.
- Entesofitos en los forámenes interóseos.
- Obliteración completa del canal tarsiano por crecimientos óseos (Shelley y Dyson 1984).
- Reacciones perióticas en los márgenes de los huesos tarsianos. Proliferaciones activas (Shelley y Dyson 1984).
- Osteofitos en el margen dorsal de las articulaciones tarsianas.
- Colapso parcial del CT y/o del 3T.

La anquilosis espontánea es considerada raramente como el estadio final del esparaván, tanto en animales en trabajo intenso como en reposo (Verschooten y Schramme 1994). Lo contrario manifiestan Shelley y Dyson (1984), pues consideran que tanto el puenteo extensivo de la CD y TMT mediante hueso no reactivo, como la obliteración del espacio articular sin destrucción ósea y con mínimo crecimiento óseo externo también representa un estadio final sin cojeras asociadas.

Dada el diferente significado que en la patología articular representan, dejamos constancia de dos figuras que en la interpretación radiográfica del esparaván se suceden: los osteofitos y los entesofitos.

Los entesofitos son proliferaciones óseas en el fibrocartílago de los “entheses”, lugares de inserción de las cápsulas fibrosas articulares, tendones y ligamentos al hueso. Son por tanto extrasinoviales, con una participación relativa en la degeneración articular (Widmer y Blevins 1991).

Por contra, los osteofitos son depósitos óseos intrasinoviales en los márgenes osteocondrales de las articulaciones sinoviales, resultado de la activación de células mesenquimatosas en esa localización que originan la aparición de condrofitos que tras su vascularización sufrirán una osificación endocondral (Widmer y Blevins 1991).

El estudio de Fairburn y colaboradores (2010) sobre los osteofitos localizados en el borde dorsoproximal del 3MT definitivamente clarifica que su presencia no está significativamente asociada a las cojeras, ni con la edad, sexo, peso, raza o disciplina de trabajo, aunque se aprecia una tendencia con la altura, así como una clara asociación significativa con el grado de alteración radiológica presente en la CD y TMT. Sin embargo establece que no existe asociación significativa entre su ratio de altura (exostosis/3T) y la presencia de cojeras o el grado de alteración de la TMT o CD. Corroborar la idea de Butler (2008) al establecer la tendencia en el incremento de porcentajes de osteofitos con opacidad variable y márgenes irregulares, con el incremento en la gravedad de las alteraciones radiológicas de la TMT y CD.

Resulta interesante para el clínico la graduación que Eksell y colaboradores (1999) realizan en general de los signos radiográficos del esparaván óseo, desde ligeros cuando abarcan solo hasta la mitad de un espacio articular, moderados cuando alcanzan todo un espacio articular, y graves cuando se presentan en más de una articulación, es decir, tanto en la CD como en la TMT.

Respecto a la localización de las alteraciones radiológicas, en la mayoría de los casos se centran en el aspecto dorsal y medial de las articulaciones CD y TMT, (Shelley y Dyson 1984; Laverty *et al.* 1991; Barneveld y van Weeren 1999) aunque en el caso del caballo Islandés, la presentación mayoritaria se da en la dorsolateral (Eksell *et al.* 1999, Eksell 2000).

Eksell y colaboradores (1999) establecen la siguiente frecuencia respecto a la localización articular de los signos radiográficos en 98 caballos Islandeses: en el 56% de los animales la degeneración afectaba a la CD y a la TMT, el 36% solo a la CD y el 8% solo a la TMT.

En esta raza, describe dos patrones de signos radiológicos: la articulación CD fusionada sin reacciones óseas extensas, y otra donde ambas articulaciones presentan remodelación ósea activa con osteofitos periarticulares.

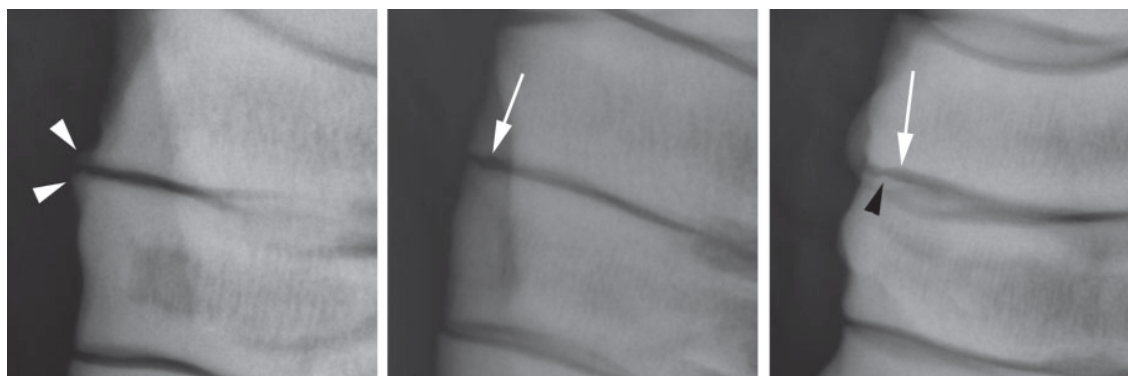
Björnsdóttir y colaboradores (2000) establecen claramente que la cojera no se podía predecir a través de los detalles de los hallazgos radiográficos, aunque las

cojeras antes y después del test de flexión y la palpación anormal estaban significativamente relacionadas con los hallazgos radiográficos.

Finalmente, en relación a las escalas radiográficas de graduación cuantitativa de la OA tarsal distal de los équidos, muy empleadas en humanos y en perros, se ha demostrado su escasa fiabilidad al no permitir que las alteraciones radiográficas se gradúen en detalle independientemente para cada articulación, y sean menos fiables que las escalas descriptivas (Labens *et al.* 2007).

Existen dos artículos recientemente publicados que considero revolucionan, aún más, nuestra forma de evaluar radiológicamente el tarso en busca de su degeneración. El primero corresponde a la detección precoz del esparaván en los caballos Islandeses (como no puede ser otra raza dado el gran esfuerzo que se ha llevado a cabo por su Federación de Asociaciones de Criadores) por Ley y colaboradores (2015). Apoyándose en comparaciones con la RM y resultados histológicos, concluye que la radiología es un instrumento perfectamente válido para la detección precoz del esparaván basándose en la búsqueda de defectos focales en la línea de mineralización (interfase entre el cartílago articular hialino y su capa calcificada, por encima del SCB), que determina puntos focales cóncavos y aumento de distancia entre líneas opuestas. También introduce el concepto de osteofito "central" (no periarticular) en la articulación CD, la más afectada en esta raza.

Figura 2.14. Radiografías mostrando cambios asociados a OA a nivel microscópico: lesión periarticular, defectos en la línea de mineralización y osteofito "central".



Ejemplos representativos de radiografías mostrando cambios asociados a osteoartritis a nivel microscópica: (a) Proyección plantaro-10°-distal-45°-lateral-dorsoproximomedial oblicua mostrando lesiones en el borde articular, cara dorsolateral, (b) misma proyección mostrando defectos en la línea de mineralización en la cara dorsolateral, (c) proyección lateromedial mostrando defectos de la línea de mineralización (flecha blanca) y un osteofito "central" (flecha negra).

Hueso central tarsal (CT), hueso tercer tarsal (3T), cara dorsolateral (DL), cara dorsal (D).

Tomado de Ley *et al.* 2015

El segundo es la definitiva clarificación de la aportación de las imágenes anormales de la región del ligamento interóseo de la articulación CD en el diagnóstico de su

artrosis (Shelly y Dyson 2014; Skelly-Smith *et al.* 2015). De 700 caballos ingresados en el Animal Health Trust, Newmarket (Reino Unido), entre 2006 y 2013 por precompras y casos clínicos, el 17,3% presentó anomalías en la región del ligamento interóseo. Del 6,7% de animales con evidencia radiológica de OA de la articulación CD, el 36,4% presentaba anomalías en la región del ligamento, a diferencia del 0,5% sin anomalías ($p < 0,001$).

Figura 2.15. Radiografías mostrando mineralización focal en el espacio interóseo centrodistal.



Proyección dorsolateral-plantaromedial oblicua de tres caballos con mineralización focal en el espacio interóseo centrodistal (flecha).

Tomado de Skelly-Smtih *et al.* 2015

En relación a la graduación del estado articular con respecto a su degeneración en virtud de la presencia de los diferentes tipos de lesiones descritas, existen en la literatura varios sistemas que permiten clasificar a las articulaciones tarsales distales. De ellos se ha escogido el planteado por Fairburn y colaboradores (2010) por su actualidad y por reconocerse útil por su especial atención conferida a los osteofitos articulares y en concreto a los del borde dorsoproximal del 3MT, y que desarrollaremos en el apartado de *Material y Métodos*.

2.4.5.5.2. Gammagrafía

Cuando la radiología convencional no es capaz de detectar cambios significativos en la imagen articular, bien porque no se han dado los procesos de desmineralización, bien por tratarse de los estadios iniciales de la degeneración articular, como fibrilación y fragmentación del cartílago articular, y procesos de condronecrosis, la gammagrafía nos proporciona un conocimiento preciso de la actividad de los huesos tarsianos.

Driesang y Böhn (1993) ya adelantan la relación positiva entre resultados radiográficos y fijación de radiofármaco en un estudio sobre 80 animales, así como el carácter bilateral de esta enfermedad: 36 tarsos mostraron signos radiográficos de esparaván frente a 101 por gammagrafía cuantitativa, considerando que 81 mostraron clínica de esparaván. Solo 8 de los positivos a la radiología no dio resultados a la gammagrafía, y al contrario, la gammagrafía detectó absorción de radiofármaco en 73 tarsos que la radiología no halló lesiones.

Ehrlich y colaboradores (1998), sobre 141 casos de cojeras no conclusivas o ilocalizables en caballos de salto, *hunting* o de concurso completo referidos a la

Facultad de Veterinaria de la Tufts University (EEUU), se practicó gammagrafía en ambos corvejones en el 70% de animales, y del total de tarsos resultó incremento en la fijación en un 78% de articulaciones intertarsianas distales y TMT. De éstos se disponían radiografías en un 75%, resultando con signos asociados en un 53%, sin signos radiológicos pero positivos a bloqueos y tratamientos un 22%. El 25% restante sin radiografías fueron considerados positivos por los clínicos por el mero hecho de presentar incremento de fijación de radioisótopos.

Ehrlich y colaboradores (1999), sobre 64 casos de SB en carreras referidos a la Facultad de Veterinaria de la Tufts University (EEUU) por cojeras sin localizar o por pérdida de rendimiento, encontró que la tercera localización de mayor prevalencia (29,5%) se presentó en los huesos tarsianos distales, consistente con un diagnóstico de esparaván, y de éstos fueron bilaterales el 79%, describiéndose la fijación de radioisótopos como leve (67%) moderada (30%) e intensa (3%), todas ellas consideradas clínicamente importante.

Sobre 198 tarsos correspondientes a 99 caballos dedicados a las disciplinas de salto, *hunting* o concurso completo encontró 85 tarsos con incremento de la absorción del radiofármaco, de ellos 66 (el 78%) bilateralmente en las articulaciones CD y TMT. De los 65 tarsos de que se disponían radiografías, el 53% presentó anomalías radiográficas, el 22% no presentaba signos radiológicos pero por anestesis diagnósticas y por respuesta el tratamiento se relacionó con esparaván. El resto de 22 tarsos sin radiografías asociadas mostraron un modelo de distribución de fijación de radiofármaco tal que garantizaron un diagnóstico de esparaván (Ehrlich *et al.* 1998).

La técnica que desarrolla el procedimiento, así como imágenes de corvejones normales y con alteraciones queda muy bien descrita por Dyson (2003).

Una vez alcanzada la madurez del esqueleto (pues lógicamente durante el crecimiento existen cambios que determinan que este instrumento diagnóstico se comporte sin homogeneidad), el patrón de distribución de la fijación de radioisótopos se estabiliza permitiendo repetitividad a lo largo de direcciones verticales y horizontales de la región tarsiana (Murray *et al.* 2004).

Este patrón manifiesta una mayor fijación en el aspecto dorsal y lateral comparado con el plantar y medial, lo cual se corresponde con la remodelación ósea incrementada que sufren estas primeras como consecuencia de comportarse como zonas de alta compresión/carga (Schamhardt *et al.* 1989; Murray *et al.* 2004).

También se observa una mayor fijación del radioisótopo en la región tarsal distal de la extremidad derecha que en la de la izquierda, correspondiente a un uso asimétrico de las extremidades, así como una mayor fijación en caballos de salto de élite, comparado con caballos de menor nivel (Murray *et al.* 2004).

En los caballos que sufren dolor tarsiano distal, el patrón normal de fijación se pierde de manera que se aumenta en aquellas extremidades dolorosas, e incluso más en aquellas que presentan evidencia radiológica de OA, indicando un mayor grado de remodelación ósea (Murray *et al.* 2005a).

Un número considerable de extremidades contralaterales “sanas” también manifiestan regiones tarsianas distales con patrones alterados de fijación, lo que demuestra una presentación bilateral de esparaván (a pesar de no haber signos radiográficos o sintomatología de cojeras) o bien un cambio en la distribución de la actividad de la región distal tarsal como consecuencia de modificaciones en las fuerzas de compresión, previas a su degeneración (Murray *et al.* 2005a).

Hay que tener en cuenta que la fijación de radioisótopos continua bastante después de la fusión de los huesos tarsianos lo que puede mal interpretarse como asociado a dolor o cojeras procedentes de esta zona (Bohanon 1997).

2.4.5.5.3. Resonancia Magnética

La RM nos proporciona imágenes “fieles” de las diferentes estructuras que componen el tarso, desde el espacio sinovial y cartílago articular (donde sus dimensiones lo permiten), el SCB, el propio hueso esponjoso de los diferentes tarsianos, así como de los tendones que se disponen en la región y los variados ligamentos peri e intrasinoviales que conectan sus articulaciones. De ahí que resulte crucial el conocimiento profundo de su anatomía, así como poder diferenciar variaciones anatómicas y fisiológicas, artefactos y anormalidades sin relevancia clínica (Blaik *et al.* 2000; Murray *et al.* 2005b; Latorre *et al.* 2006; Murray *et al.* 2007).

El patrón de distribución del SCB en el caballo adulto con un nivel de ejercicio bajo se caracteriza por un grosor mayor medial y lateral (respecto al central/sagital) en el aspecto proximal del CT, mientras que en el aspecto distal del CT, distal del 3T y proximal del 3MT el grosor es mayor lateralmente (Branch *et al.* 2007).

La influencia de la edad en esta distribución es patente: si bien en los neonatos no hay diferencial mediolateral, a medida que avanzamos (a los 11 meses) ya se aprecia esta lateralidad (Branch *et al.* 2007).

La influencia de la intensidad del ejercicio es manifiesta, ya que en los caballos de competición de élite se aprecia un grosor del SCB mayor medialmente en la CD, mientras que este es lateral en la TMT. También es muy significativo el mayor grosor del 3MT en todo su aspecto proximal (Branch *et al.* 2007).

Cuando nos enfrentamos a animales con dolor localizado en las articulaciones distales tarsales, las imágenes de RM que obtenemos son muy variadas, tanto como las alteraciones descritas de los diferentes elementos estructurales.

Los criterios para el análisis de imágenes de RM en la detección de patología tarsal

distal son los siguientes (Branch *et al.* 2007):

1. Unión osteocondral irregular o pobremente definida.
2. Defecto focal de la unión osteocondral.
3. Anormalidad focal del SCB.
4. Borde profundo del SCB: Ligeramente irregular.
5. Borde profundo del SCB: Fuertemente irregular.
6. Anormalidad en la estructura de ligamentos, o intensidad de señal.
7. Reducción focal de la señal del cartílago articular (afectando menos de la mitad del espacio articular dorsoplantariamente).
8. Presencia del cartílago, pero con intensidad de señal o estructura anormal.
9. Pérdida completa de cartílago articular excepto en áreas focales de alta intensidad, o pérdida de espacio articular.
10. Ligera formación de osteofitos.
11. Grave formación de osteofitos.
12. Neoformación de hueso en la inserción capsular.
13. Área anormalmente incrementada de baja intensidad de señal dorsalmente: Ligeramente con trabéculas visibles en el hueso esponjoso.
14. Área anormalmente incrementada de baja intensidad de señal dorsalmente: Grave sin trabéculas visibles en el hueso esponjoso.
15. Lesión quística.

Hay resultados que indican que ciertas anomalías, como ligeras alteraciones de los ligamentos intertarsianos y pequeños osteofitos, se pueden detectar tanto en tarsos sin historiales de cojeras como en tarsos dolorosos sin alteraciones radiológicas, pero en estos últimos nunca aparecerán alteraciones del cartílago mientras que si las ligeras irregularidades en el borde subcondral profundo (Branch *et al.* 2007). Este hecho le sugiere que quizás las alteraciones leves de cartílago no sean dolorosas, pero las ligeras del SCB si lo son.

Es preciso realizar una mención especial a las alteraciones de los ligamentos intertarsianos, que desde las ligeras presentes en todos los animales hasta las más graves detectadas en tarsos dolorosos con alteraciones radiológicas, se aprecia incremento homogéneo de la intensidad de señal y pérdida de la silueta normal, compatible histológicamente con pérdida de la forma normal, definición y disposición de sus fibras (Branch *et al.* 2007). La aportación de estas lesiones a la patología tarsal es evidente, permitiendo en mayor cuantía (y a su vez siendo una consecuencia) de las excesivas cargas, compresiones y rotaciones de los tarsianos ante ejercicios muy demandantes. La descripción general de lesiones viene muy bien detallada por Dyson (2011b).

Finalmente poner en valor que la gran aportación de la RM (Anexo III) sobre la radiología en el caso de las alteraciones distales tarsales es su superior capacidad de identificar cambios patológicos asociados a hiperintensidad ósea, fracturas y esclerosis subcondrales, con mayor detalle que la propia gammagrafía (Daniel *et al.* 2012), así como lesiones de la médula ósea (Biggi *et al.* 2012).

2.4.5.5.4. Tomografía Computarizada

A pesar de que los estudios anatómicos mediante TC del tarso son bastante recientes (Tomlinson *et al.* 2003; Raes *et al.* 2011; Raes *et al.* 2014), su uso en el tarso se ha centrado en estudios de casos clínicos relacionados con lesiones subcondrales pseudo-quísticas (Hanson *et al.* 1996; García-López y Kirker-Head 2004) o relacionados con fracturas tarsales (Kelmer *et al.* 2008; Poulim Braim *et al.* 2010).

Al igual que hemos comentado con la RM, la TC es de utilidad en aquellos casos donde las imágenes radiológicas no son concluyentes o se requiera mayor información, siendo demostrada su utilidad en la detección, además de las ya citadas anteriormente, de lesiones osteolíticas y escleróticas focales localizadas entre las superficies de los huesos tarsianos, así como lesiones de los ligamentos interóseos (Raes *et al.* 2014).

2.4.6. Pronóstico

El esparaván es la causa más común de sacrificio como consecuencia de enfermedades locomotoras en el caballo Islandés en el intervalo de edades comprendido entre 7 a 17 años. El riesgo de sacrificio en estos casos fue máximo para la combinación de signos radiográficos con cojera tras el test de flexión, el siguiente para los signos radiográficos solo y el menor para las cojeras tras el test de flexión (Björnsdóttir *et al.* 2003)

Sin embargo, los resultados de otros autores (Meagher *et al.* 2013) muestran que la capacidad locomotora que mantienen los animales afectados por el esparaván es tal que en el estudio de 953 PSI donde detecta 19 animales con OA sobre 82 con otras alteraciones tarsales, estos animales continúan compitiendo satisfactoriamente y no consideran que les afecte en su carrera deportiva. Sin embargo, manifiestan que las compresiones del 3T y el CT sí que influyen en el futuro deportivo de los animales afectados.

El estudio de Byam-Cook y Singer (2009) sobre animales diagnosticados con esparaván establece que no existe asociación significativa entre la duración y el grado de cojera, o entre la duración o el grado de cojera, la respuesta a la anestesia intraarticular y los hallazgos radiológicos. Sin embargo sí que existe una asociación significativa entre la respuesta al tratamiento y la gravedad de las lesiones radiológicas en la TMT (mejoran las de menor lesión), que no con la CD.

2.5. Biocinemática

2.5.1. Aplicación al análisis de cojeras posteriores

Es ciertamente muy complicado realizar un resumen a fecha actual (2015) (y lo será más en el futuro) de la aplicación de la cinemática al estudio de las cojeras del miembro posterior, en especial del corvejón. El comparativamente gigantesco desarrollo tecnológico de finales del segundo milenio y principios del tercero en lo referente a sistemas de imagen (vídeo digital de alta frecuencia, cámaras de infrarrojos en sistema de análisis cinemáticos optoelectrónicos CODA-3 (*Cartesian Optoelectronic Digital Anthropometer*), etc.), manejo de datos con sistemas informativos cada vez más rápidos y potentes que permiten la aplicación “fácil” de correcciones, algoritmos, e incluso ingentes cantidades de datos, empleo en la vida cotidiana de nuevos sistemas de localización, ubicación, orientación (GPS), giroscopios, acelerómetros, sensores de inercia, etc., ha determinado que diferentes “escuelas” por todo el mundo hayan y estén investigado el movimiento del caballo con resultados esperanzadores en cuanto a su aplicación clínica generalizada (Keegan *et al.* 2013; Pfau *et al.* 2014a).

Qué duda cabe de la ayuda que supone un instrumento técnico objetivo en la detección y cuantificación de cojeras subclínicas, muy leves o ligeras, o bilaterales, o de naturaleza intermitente, y en la evaluación de bloqueos anestésicos, pues es ahí donde existe un claro consenso en su aplicación.

Indudablemente, en la actualidad ya hay un uso generalizado en diferentes aplicaciones: al estudio de patologías ligadas al casco y sus correcciones terapéuticas por parte de clínicas y herradores, al estudio de los resultados comparativos de tratamientos rehabilitadores por parte de acupuntores, quiroprácticos y clínicos, a la detección de anormalidades en la realización de los ejercicios propios de cada disciplina hípica que resultan en una disminución del rendimiento, por parte de clínicos, y al uso generalizado en la mejora del aprendizaje, de la calidad en la ejecución hípica, y en la evolución del binomio caballo-jinete (Clayton 1994).

El primer estudio videocinemático con implicaciones clínicas que deseo manifestar en esta Tesis Doctoral es el realizado por May y Wyn-Jones (1987), destinado a la identificación de cojeras posteriores independientemente del lugar o tipo de lesión, resultando un desplazamiento vertical mayor del marcador ubicado en la tuberosidad coxal de la extremidad coja en comparación con el de la sana, así como un cabeceo hacia abajo en la diagonal coja cuando la extremidad posterior coja alcanza el suelo. Del mismo modo desmitifica el criterio de que la cadera coja alcanza más altura que la sana al final del tranco, aunque si destaca su movimiento típico de brusca elevación (*hip/pelvic hike*).

Clayton (1987) describe las características temporales y cinemáticas del tranco de un caballo con enfermedad degenerativa articular de la articulación distal tarsiana de la extremidad derecha.

La observación visual al trote indicó un tranco más corto en su extremidad afectada, durante la fase de vuelo su lumbre tomó un arco más bajo, aunque no la arrastró por el suelo, y cabeceó abajo durante la fase de apoyo de la diagonal afectada.

El análisis cinematográfico confirmó que la longitud del paso fue más corta de la contralateral a la coja que de la coja a la contralateral ($p<0,01$). Las mediciones temporales mostraron que la coja tuvo una fase de apoyo más corta y una fase de vuelo más larga que la contralateral ($p<0,01$). La separación lineal entre los miembros de la diagonal coja durante la fase de apoyo fue mayor que la de los de la diagonal opuesta ($p<0,01$). La cruz y la grupa estaban más altas en el momento del impacto y despegue de las extremidades que durante las fases de apoyo diagonales. Además la cruz se hundió menos en la diagonal coja que en la opuesta, mientras que la grupa alcanzó su punto más bajo en la diagonal opuesta.

Estos movimientos fueron interpretados como una indicación de la transferencia de peso de la extremidad coja hacia la mano contralateral y posterior contralateral respectivamente. Por último, el tarso y lumbre de la coja tuvieron una amplitud de movimiento reducida en el plano vertical comparado con el contralateral.

Buchner y colaboradores (1993) mediante análisis 3D opto electrónico, hallaron que el parámetro “cociente de aceleración de cadera”, obtenido de los diferentes picos de aceleración vertical de la tuberosidad sacra (punto medio entre las dos) durante todo un tranco, tiene valores normales entre 1,03 y 1,54, mientras que en caballos con cojera posterior es de 1,32 a 2,96, considerándolo posteriormente (Buchner *et al.* 1996) como el mejor indicador para cuantificar cojeras posteriores y demostrando la rotación de la pelvis entorno al tronco, sugiriéndolo como mecanismo alternativo para ganar energía cinética hacia arriba durante la fase de apoyo de la extremidad no coja a fin de reducir el esfuerzo requerido para levantarla durante la fase de apoyo de la extremidad coja.

Al igual que con el movimiento de la cabeza, el movimiento vertical del sacro al trote presenta un patrón sinusoide en el tiempo. Durante un tranco completo se dan dos ciclos: a la mitad de la fase de apoyo de una extremidad se da la primera altura mínima, e inmediatamente tras el final, la primera altura máxima; la segunda altura mínima se da a la mitad de la fase de apoyo de la contralateral, e inmediatamente tras el final la segunda altura máxima. En animales sanos, este patrón de movimiento es simétrico.

Kramer y colaboradores (2000), en un estudio cinemático tras la inducción de cojera tarsiana y posterior anestesia intraarticular, obtienen como mejores parámetros para

evaluar su mejoría la recuperación de la longitud de protracción de la extremidad, y la simetría del desplazamiento vertical de las tuberosidades coxales. Por lo que se puede inferir que los defectos en estos parámetros sirven para detectar cojeras tarsianas. No obstante, hay que ser extremadamente cauto al considerar las grandes variaciones inter-individuos de la disposición espacial de las tuberosidades coxales, que determinan ciertas asimetrías fisiológicas en el movimiento vertical de los mismos, agravadas por la influencia de la rotación de la pelvis entorno al tronco.

Posteriormente, Kramer y colaboradores (2004), mediante un método de descomposición de señal (del movimiento pélvico) y las diferencias entre alturas de la pelvis (punto medio entre las tuberosidades sacras), evalúan cuantitativamente cojeras inducidas posteriores observando gran cantidad de trancos por animal, lo que es especialmente de interés en cojeras ligeras, intermitentes o en la evaluación de mejorías parciales tras bloqueos o tratamientos. El movimiento pélvico lo descompone en tres componentes: un componente periódico que se da una vez cada tranco (a mitad) y describe la alteración del movimiento vertical que resulta de la cojera unilateral, un componente periódico que ocurre dos veces por tranco y que describe el movimiento pélvico bifásico vertical normal, y un componente no periódico que describe movimientos fortuitos de la pelvis.

Pourcelot y colaboradores (1997) utilizaron un método cinemático 3D para cuantificar al trote la simetría del movimiento entre articulaciones homologas (izquierda y derecha) mediante el cálculo de índices de simetría del desplazamiento vertical y diagramas ángulo-tiempo de las articulaciones de cada caballo, resultando suficientemente sensible para distinguir diferentes grados de cojeras y determinar la extremidad coja, a excepción de las cojeras bilaterales simétricas. Queda resaltado como punto crítico del cálculo, la sincronización de los movimientos de las dos extremidades izquierdas con las dos derechas mediante el desplazamiento horizontal de los cascos, y la corrección que Audigié y colaboradores (1998) introducen por el error en la colocación asimétrica de los marcadores.

Audigié y colaboradores (2001), comparando índices de simetría entre caballos espontáneamente cojos y sanos, determinaron que los más sensibles eran los índices de simetría del desplazamiento vertical de los marcadores proximales de las extremidades, aunque concluye que la simetría de los movimientos de las extremidades presenta diferentes modelos de alteración en los caballos espontáneamente cojos, y que este método es aplicable dentro del examen clínico standard.

Hasta este punto de la revisión hemos visto diferentes aproximaciones a la evaluación de las cojeras posteriores basadas primero en estudios 2D durante los 70, 80 y principios de los 90 para avanzar a las tres dimensiones a partir de la mitad de los 90.

En el estudio cinemático como resulta evidente, la posición de los marcadores es crucial para la obtención de resultados objetivos, en sus dos aspectos: por un lado, la

estandarización en los puntos de su colocación que en muchas ocasiones requiere que el mismo operador realice la aplicación a fin de evitar desviaciones, y por otro lado el reconocimiento de los errores que conlleva el desplazamiento del marcador adherido a la piel sobre las estructuras esqueléticas.

Van Weeren y colaboradores (1990a; 1990b) cuantifican este desplazamiento al paso y al trote, destacando la variación de los marcadores de las partes más proximales, y proponiendo factores de corrección (1992).

Si los interesantes estudios cinemáticos sobre el tarso se habían desarrollado en 2D (Kobluk *et al.* 1989; Holmström 1994; Back *et al.* 1995; Hodson *et al.* 2001) mediante marcadores cutáneos, es decir, estudiando el movimiento en el plano sagital, la utilización de marcadores conectados por agujas intracorticales transcutaneas al 3MT y a la tibia permitieron a Lanovaz y colaboradores (2002) evidenciar los movimientos rotacionales y traslacionales del tarso distal: como las articulaciones helicoidales verdaderas tienen un único grado de libertad rotacional, los estudios anteriores habían asumido que el movimiento articular relevante se daba principalmente a lo largo del plano sagital del caballo y se centraron en el movimiento angular 2D del tarso obtenido mediante marcadores cutáneos, por lo tanto ignorando cualquier posible movimiento en los otros dos grados de libertad.

Posteriormente Khumsap y colaboradores (2004a) introducen correcciones para la utilización de marcadores cutáneos, verificando que los mismos pueden identificar movimientos en 3D tarsales para la flexión/extensión, abducción/adducción, traslación craneal/caudal y traslación proximal/distal, permitiendo el análisis y la comparación de información entre caballos durante las fases de apoyo y vuelo.

Esto les permite realizar posteriormente (Khumsap *et al.* 2004b) un estudio 3D cinemático en caballos con sinovitis tarsal inducida donde demuestra que la misma determina una disminución significativa de la flexión tarsal (de 2,5°) y de la traslación craneal del metatarso relativo a la tibia durante el apoyo, y una disminución de la traslación proximal del metatarso durante la fase de vuelo. La repercusión de este estudio en la patogenia del esparaván es decisiva.

No ha podido escapar la cinemática de adentrarse en estudios conformacionales, y entre la gran variedad de los mismos destaca por su inmediato interés con la patología tarsiana el efectuado por Gnagey y colaboradores (2006), concluyendo que los animales con ángulos tarsianos grandes (>165,5°) absorben menos concusión durante la fase de impacto, lo que puede predisponerlos a desarrollar degeneración articular, los animales con ángulos intermedios (155,5 a 165,5°) generan impulsos verticales y propulsivos mayores, lo que maximiza su habilidad de empujar al caballo adelante y atrás, importante para los animales de doma de alto nivel y de salto, mientras que los de ángulos pequeños (<155,5°) se asocian a mayores flexiones a lo largo de toda la fase de estancia, lo que puede comprimir la superficie dorsal de los huesos tarsianos.

Hasta este punto de la revisión nos hemos centrado en el análisis cinemático basado en la imagen, o mejor dicho, a partir de los marcadores visualizados en las imágenes grabadas, y mediante un proceso de rastreo automático (en función del tipo de luz y/o de las condiciones de grabación) se obtiene la información puntual a partir de la cual se desarrolla todo el proceso matemático de cálculo.

Queda implícito que la utilización de la videocinemática en campo está supeditada a la captación de un número limitado de trancos por prueba y al control de los niveles de iluminación, aunque este último ha sido superado con la utilización de fotodiodos y luz infrarroja.

Gracias al avance tecnológico sobre los acelerómetros, ya no se requiere grabar imágenes de donde extraer puntos; la información puntual viene proporcionada directamente por el acelerómetro (con la ayuda de un giroscopio) que nos da constantemente su posición en un eje de coordenadas de donde se encuentra ubicado, a partir del cual se realizan los cálculos cinemáticos.

Si Barrey y colaboradores (1994) fueron de los primeros en describir análisis del movimiento del caballo mediante acelerómetros, el perfeccionamiento técnico de los mismos permitió a Keegan y colaboradores (2004) detectar y cuantificar cojeras de los miembros anterior y posterior al trote, mediante la utilización de dos acelerómetros (de un solo axis) colocados en cabeza y pelvis y dos giroscopios en el casco de las extremidades ipsilaterales, todo ello comparándolo con datos obtenidos mediante videocinemática en tapiz rodante.

Pfau y colaboradores (2007), mediante un sistema de sensores de inercia validado para la captación de movimientos con los 6 grados de libertad (que comprende tres acelerómetros de 3 axis, tres giroscopios y tres magnetómetros), fueron capaces de discriminar para cojeras posteriores muy ligeras (grados 1 y 2 sobre 10 de Wyn-Jones (1988)) entre caballos cojos y sanos con un 100% de sensibilidad y un 66% de especificidad, utilizando como la característica más importante de discriminación el desplazamiento dorso-ventral de la tuberosidad coxal, al colocar dos sensores en cada lado.

Church y colaboradores (2009), utilizando sensores de inercia en la tuberosidad sacra, las dos coxales y en la cruz, obtiene buenos resultados en la cuantificación de la asimetría e identificación del lado cojo en cojeras posteriores.

Respecto a las comparativas de eficacia de los sensores de inercia frente a la evaluación de cojeras originadas artificialmente y muy ligeras por parte de expertos clínicos tanto de extremidades anteriores como de posteriores, se desprende un grado satisfactorio (McCracken *et al.* 2012). Sin embargo, para Keegan y colaboradores (2013) utilizando el mismo sistema de sensores de inercia en 106 caballos admitidos al Hospital Clínico Veterinario de la University of Missouri (EEUU) por diversos motivos,

aun presentando una correlación significativa, no existía concordancia entre resultados y evaluación subjetiva, concluyendo que estos sistemas deben complementar pero no reemplazar la evaluación de cojeras por parte de expertos veterinarios.

La libertad de medios que permite la utilización de acelerómetros nos ha ofrecido información interesante sobre el comportamiento del caballo durante el trabajo a la cuerda, en círculo, ayudando a determinar asimetrías entre las extremidades, muy importante y difícil en el procedimiento diagnóstico de cojeras (Pfau *et al.* 2012; 2014b).

2.5.2. Movimientos compensatorios

El clínico siempre ha sido conocedor de que las cojeras que afectan a una extremidad del caballo pueden originar cambios en el movimiento de las otras, de la cabeza, grupa y pelvis. A éstos se les llaman movimientos (“cojeras”) compensatorios, y que hay que diferenciarlos de los resultantes de cojeras secundarias que se desarrollan como consecuencia de la sobrecarga fisiológica crónica al perpetuarse estos movimientos compensatorios (Kelmer *et al.* 2005).

Stashack (1987) describe el mecanismo de transferencia de una auténtica (y severa) cojera posterior a una falsa de la mano ipsilateral, siendo de gran interés la cinemática en el estudio de estos movimientos compensatorios.

Ya resulta típica la falta de acuerdo al clasificar cojeras de la extremidad posterior, especialmente si estas son ligeras (Peham *et al.* 2001; Keegan *et al.* 1998).

Buckner y colaboradores (1995) determinaron que en cojeras posteriores la fase de vuelo permanece inalterada y simétrica en ambas diagonales, y que la simetría de las características temporales del tranco permanecía inalterada por la cojera respecto a la fase de apoyo, o no se alteraba en la fase de suspensión hasta que la cojera alcanzaba el grado 2.

Buchner y colaboradores (1996a), mediante la inducción de cojeras por presión solar, demuestra que si bien existe una disminución significativa de la hiperextensión de la articulación metatarsofalángica y de la flexión de la interfalángica distal en la extremidad coja, en las contralaterales éstas incrementan de una forma compensatoria (así como aumenta la flexión tarsiana y disminuye la protracción de la extremidad coja).

La velocidad vertical del tronco al impactar al trote la extremidad coja disminuye ($p < 0,05$) (lo que le permite ahorrar energía para elevar la masa corporal), y durante la fase de apoyo de la coja el tronco se mantiene más arriba respecto al suelo, disminuyendo la aceleración máxima (lo que le permite disminuir el pico de carga en la coja) (Buchner *et al.* 1996b). Así mismo, confirman que el movimiento compensatorio de la cabeza es pequeño y poco importante hasta que las cojeras posteriores adquieren el grado 2, según la escala de Stashack (1987).

Uhlir y colaboradores (1997) confirman el mecanismo de transferencia de una auténtica cojera posterior a la mano ipsilateral, concluyendo que los bloqueos diagnósticos en estos casos deben empezar por la extremidad posterior. Del mismo modo, una cojera severa de una mano se transfiere a la posterior contralateral, debiendo iniciarse el bloqueo en la mano. A diferencia de Buchner (1995), que le concede más importancia al movimiento compensatorio de la cabeza hacia abajo durante la fase de apoyo de la posterior coja.

Khumsap y colaboradores (2003), tras la inducción de cojera unilateral mediante sinovitis tarsiana, observa que los caballos son capaces de manejar cojeras unilaterales leves de la extremidad posterior mediante la reducción de la fase de vuelo más que incrementando la carga de las extremidades compensatorias: no encontró diferencias significativas en la duración del tranco, fases de apoyo y vuelo, o longitud del tranco en las otras tres extremidades, ni ninguna de ellas tuvo cambios en las fuerzas verticales del suelo.

Kelmer y colaboradores (2005), mediante presión solar, confirman lo expuesto por Uhlir y colaboradores (1997), aunque añaden a la compensación contralateral posterior una compensación ipsilateral posterior a las cojeras de mano, y determinan que doblando una cojera posterior aumentamos los movimientos compensatorios de la mano ipsilateral en un 50%, sugiriendo que es necesario alcanzar un umbral para que esta compensación se manifieste, mientras que doblando una cojera de mano solo aumentamos en un 5% la cojera compensatoria de la posterior contralateral.

2.5.3. Biocinemática en el PRE

Los estudios realizados hasta la fecha sobre el caballo PRE han sido llevados a cabo por el grupo de trabajo de biocinemática de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba (España) utilizando cámaras de video de 25 Hz en ubicaciones exteriores.

Galisteo y colaboradores (1996) estudian por primera vez al paso parámetros básicos temporales y lineales así como parámetros angulares, resultando escasa variabilidad intra e inter-individuos. Posteriormente estudian la influencia de la velocidad y altura a la cruz en parámetros lineales, temporales y angulares al trote a mano, resultando una baja variabilidad en velocidad, aunque ésta influía en los parámetros lineales y temporales, y algunos angulares, mientras que la altura a la cruz influía en los lineales, menos en los angulares y no afectaban los temporales (Galisteo *et al.* 1998). También estudian estos parámetros en cojeras anteriores inducidas por presión solar (Galisteo *et al.* 1997).

Morales y colaboradores (1998) analizan las diferencias de parámetros temporales y lineales de caballos de élite en doma clásica frente a los de no élite, resultando mayor duración y menor longitud de tranco en los primeros.

Cano (1999) realiza su Tesis Doctoral sobre análisis biocinemático del trote del caballo, donde una buena parte de su muestra lo componen caballos PRE, siendo ya referida en varios apartados de esta disertación.

También publican el comportamiento cinemático diferente al trote entre PRE jóvenes y adultos (Cano *et al.* 1999b), así como la influencia del entrenamiento a la doma en el trote del PRE (Cano *et al.* 2000). También estudian los cambios en los patrones locomotores al trote de potros de 12 a 36 meses, resultando un incremento en la longitud del tranco y en la duración de la fase de apoyo de las extremidades anteriores y posteriores con la edad (Cano *et al.* 2001).

De Souza (2004) valora la influencia en la locomoción de la conformación remetido de manos asociada a cuartilla vertical/ruptura hacia atrás del eje podo-falángico.

Miró y colaboradores (2009), en un estudio comparativo en caballos lusitanos al trote entre metodología de análisis cinemático 2D y 3D, concluyen que existen diferencias significativas en el análisis de la mayoría de variables lineales en las extremidades anteriores y posteriores, pero que en las variables angulares de la extremidad posterior no.

3

Material y métodos

3.1. Diseño del estudio

Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo se desarrolló un estudio observacional transversal en el que se incluyeron animales PRE de 3 años que cumplieran con los requisitos de inclusión establecidos y de los que se registraron las siguientes variables que determinaban la presencia de esparaván, el ángulo tarsal y las principales variables que pudieran estar asociadas:

- Identificación.
- Morfología: Ángulo Tarsal.
- Morfología: Conformación Tarsal.
- Hallazgos del examen del aparato locomotor, estático y dinámico.
- Hallazgos del estudio biocinemático mediante grabación de video.
- Hallazgos radiológicos del tarso.

3.2. Animales

3.2.1. Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron todos los animales PRE de 3 años (entendiendo como tal los potros y potras de entre 36 y 48 meses) de las ganaderías próximas a la ciudad de Castellón, (ubicadas en un radio de 40 km), eliminando aquellos que presentaban alguno de los siguientes motivos de exclusión:

1. Los propietarios o ganaderos rechazaron participar en el estudio.
2. Falta de datos de contacto.
3. Animales en los que el nacimiento y el inicio del entrenamiento se ha llevado a cabo en una ganadería situada fuera de la provincia de Castellón.
4. Potros procedentes de ganaderos o propietarios que no dispusiesen de infraestructuras o nivel de manejo básico mínimo para poder realizar algunas de las pruebas incluidas: sin instalación eléctrica (para realizar los estudios radiográficos), sin pista de trabajo (para efectuar la videocinemática) o sencillamente animales sin doma básica, incapaces de trotarlos en línea recta

(para completar el examen dinámico del aparato locomotor), lo cual ha sido especialmente frecuente en el caso de las potras de 3 años destinadas exclusivamente a reproducción y sin ningún tipo de manejo.

5. Historial o evidencias clínicas de haber padecido afecciones traumáticas del tarso.
6. Animales con evidencias de alteración neurológica que indujeran ataxia.

3.2.2. Animales estudiados

De los 404 potros registrados como nacidos en la provincia de Castellón durante los años 2002 al 2008, quedaron dentro del radio de acción en torno al 70%. De éstos, un 60% se excluyeron por la causa número 2 (propietarios - jinetes sin datos), y un 30% por el motivo 4 (infraestructuras inadecuadas para realizar el estudio).

Por lo tanto, el total de la muestra obtenida estuvo compuesta por 25 animales: 8 hembras, 1 castrado y 16 machos enteros. Las edades oscilaron de los 36 a los 48 meses, todos ellos utilizados para paseo o doma inicial (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Distribución por sexo y edad de los animales estudiados.

| Sexo | | | Edad (meses) | | |
|--------------|-----------|---------------|----------------------------------|-------------|-------------|
| | n | % | $\bar{x} \pm s^*$ | mín | Máx |
| Hembras | 8 | 32,0% | 42,4 \pm 4,6 | 37,7 | 48,4 |
| Machos | 17 | 68,0% | 43,4 \pm 4,7 | 36,6 | 48,7 |
| Total | 25 | 100,0% | 43,1 \pm 4,6 | 36,6 | 48,7 |

* Significación según prueba t de Student para muestras independientes, $p=0,621$

No hay diferencias estadísticamente significativas entre las edades de machos y hembras en los animales del estudio, por lo que, aunque el factor sexo pudiese tener alguna incidencia en las variables estudiadas, sería independiente del factor edad.

Los animales seleccionados se encontraban en relación al grado de intensidad del ejercicio en fase de doma inicial, con un trabajo bien diario o alterno de 1 h. Tres animales se ejercitaban en enganche en tronco los fines de semana. Es decir, ningún animal se encontraba en nivel de ejercicio alto, demandante o en competición.

3.3. Variables recogidas

Todas las variables recogidas se obtuvieron mediante métodos no invasivos y no supusieron ningún manejo adicional a las revisiones clínicas habituales en animales de esta especie. Por lo tanto no fue necesario obtener el informe favorable de una Comisión Ética de Experimentación Animal. En todos los casos incluidos en el estudio se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios.

El registro de todas las variables descritas a continuación se realizó siempre por la misma persona (el doctorando). La valoración también se efectuó siempre por este mismo observador, salvo las variables detalladas en los apartados 3.5. *Estudio biocinemático* y 3.6. *Estudio radiológico*, en los que se especifica quien llevo a cabo dichas evaluaciones.

3.3.1. Identificación animal

A cada uno de los animales estudiados se le adjudicó un número de historia clínica, registrándose en ella todos los datos obtenidos.

Los animales fueron identificados mediante su pasaporte y comprobación del número de transpondedor reseñado, a fin de incluir los siguientes datos: nombre, propietario actual, sexo, código de identificación de PRE, fecha, lugar y ganadería de nacimiento.

3.3.2. Morfología

Se midió la altura a la cruz con vara metálica siguiendo el protocolo (Normas de Medición) establecido por el Reglamento vigente de Ponis (Real Federación Hípica Española, 2015). La altura a la cruz también fue utilizada en el estudio videocinemático.

Este apartado incluye además dos variables propias del corvejón: el ángulo tarsal y la conformación del corvejón.

3.3.2.1. Ángulo tarsal

3.3.2.1.1. Determinación mediante examen estático

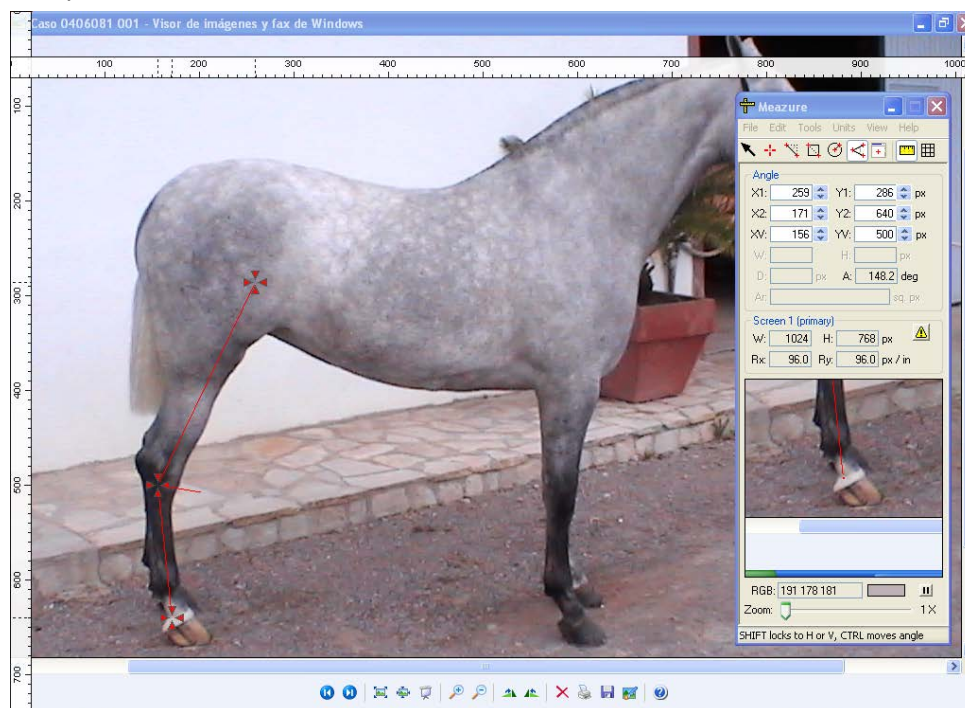
Se realizó una fotografía digital de cada animal en vista lateral una vez se consideró que estaba cuadrado (intentando que la tuberosidad calcánea y flexores de la caña quedasen en la vertical de la tuberosidad isquiática, distribuyendo su peso homogéneamente en las cuatro extremidades), bien en lado izquierdo o en el derecho, (en la mayoría de casos en función del ángulo del sol mañana vs tarde y evitar volver a cuadrar al animal).

La imagen en formato JPG se estudió mediante la aplicación informática de libre acceso Meazure 2.0 (C Thing Software, <http://www.thing.com>) a fin de obtener el ángulo tarsal. Este programa genera un cuadro de dialogo que se puede superponer sobre la imagen JPG abierta con un visor de imágenes que permite ampliar la zona de estudio, identificando de manera sencilla los puntos de referencia que se utilizan para determinar el ángulo tarsal, apareciendo sobre la imagen del animal un ángulo manipulable con su bisectriz.

Para determinar el ángulo tarsal se identificó el punto de intersección, localizado en el espacio comprendido entre los huesos 4T, 4MT y el 3MT el cual ha sido

previamente descrito por otros autores (Galisteo *et al.* 1996; Cano *et al.* 1999). Desde ese punto se trazaron dos líneas, la primera siguiendo sobre la fotografía el eje de la tibia y la segunda siguiendo el eje de la caña. El cuadro de dialogo presenta automáticamente el ángulo generado, con un decimal.

Figura 3.1 Programa Measure 2.0 sobre la fotografía abierta con visor de imágenes: colocación del punto de intersección en tarso y las líneas que siguen el eje de la tibia y caña.



3.3.2.1.2. Determinación mediante examen dinámico

Las imágenes utilizadas para calcular el ángulo tarsal de cada animal en movimiento procedieron de fotogramas del mismo estudio videocinematográfico detallado en el apartado 3.5. *Estudio biocinematográfico*.

a) Preparación de la pista:

Como los estudios se realizaron en cada una de las explotaciones ganaderas donde se hallaba el animal a evaluar, las características de la misma variaron en función de las disponibilidades de la explotación, y si bien el tipo de suelo en ocasiones fue la misma arena del picadero cuando no se disponía de ningún camino, se procuró ubicar la pista en terreno compacto de tierra y/o grava y nivelado.

Se empleó una pista longitudinal de unos 25 m con una anchura de 1,5 m, delimitada lateralmente por una pared, valla metálica o bordillo por un lado y por una cuerda verde en el suelo por el otro. En función del grado de manejo de los potros, algunos animales tuvieron que ser sometidos a un cierto entrenamiento

previo y habituación a esta pista a fin de que el animal se moviera evitando desplazamientos laterales del cuerpo, que pudieran falsear las grabaciones.

b) Colocación de marcadores en el animal:

Se emplearon etiquetas circulares adhesivas de papel, Apli 10 (Apli Paper, S.A.U., Barberá del Valles, España), de 32 mm de diámetro, blancas o pintadas con rotulador verde fosforescente en función de la capa del animal, y adheridas mediante adhesivo de cianocrilato en las localizaciones previamente establecidas (Galisteo *et al.* 1996; Cano *et al.* 1999):

- Ligamento colateral lateral de la articulación femorotibial, a nivel de la interlinea articular.
- Espacio comprendido entre los huesos 4T, 4MT y 3MT.
- Ligamento colateral lateral de la articulación metatarsofalángica, a nivel de la interlinea articular.

c) Grabación mediante videocámaras:

Siguiendo la metodología previamente descrita (Galisteo *et al.* 1996) se grabaron los animales dirigidos a mano por sus cuidadores habituales tanto al paso como al trote, desde ambos lados y a una velocidad comfortable.

Las grabaciones se realizaron empleando dos cámaras simultáneamente (Figura 3.2):

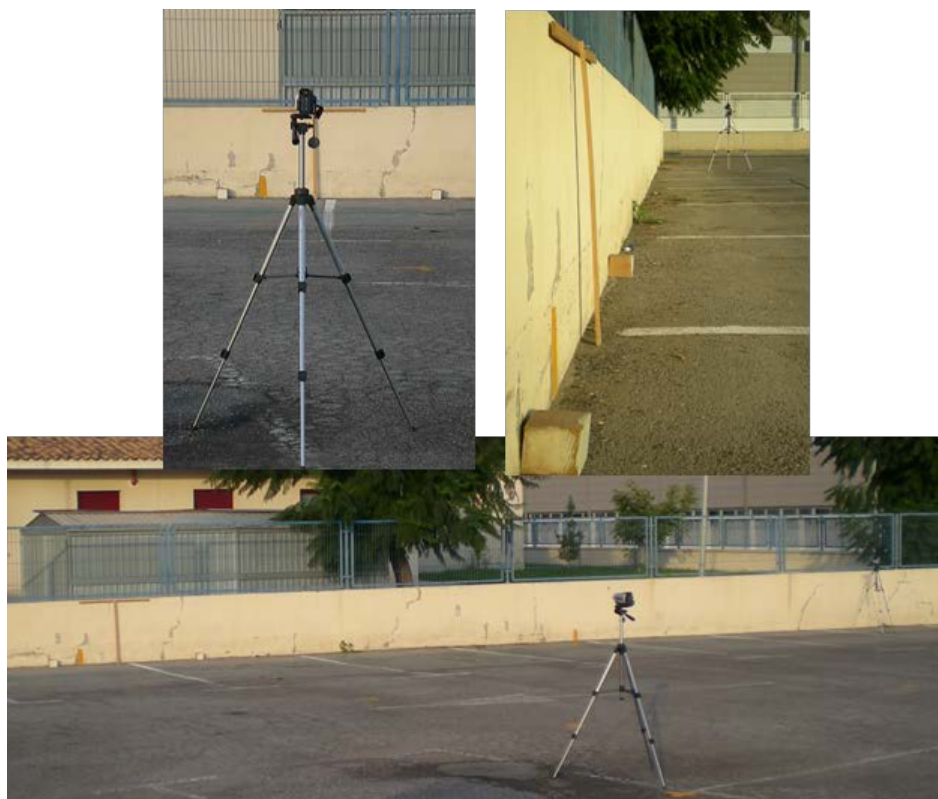
- Cámara digital 1: Sony DCR-TRV25E, miniDV (Sony, Tokyo, Japón) de 25 Hz, dispuesta sobre un trípode a 1,2 m de altura, nivelada horizontalmente al suelo y colocada de manera perpendicular a la pista, a 11 metros de su eje, en la zona media. Se ajustó el zoom de manera que permitiese un campo de visión de unos 6-7 m, a fin de grabar dos trancos consecutivos.
- Cámara digital 2: JVC GR-DV500, miniDV, (JVC, Yokohama, Japón), de 25 Hz, dispuesta sobre un trípode a 1,2 m de altura, nivelada horizontalmente al suelo y colocada en un extremo del eje de la pista. La grabación obtenida con esta segunda cámara permitió comprobar el movimiento lineal o de lateralidad del animal, descartando aquellas grabaciones de la Cámara 1 en las que animal anduvo o trotó con desplazamiento lateral.

En ambas cámaras la velocidad de obturación es automática, aunque se seleccionó una configuración de deportes que permite aumentarla.

Para asegurar la calidad de las mediciones fue preciso confirmar que en cada pasada el animal se movía en el centro de la pista de forma perpendicular a la cámara lateral, que es de la que se obtuvieron las imágenes para realizar los cálculos, tanto de ángulos tarsales como de protracción y retracción, siendo la cámara ubicada en el eje de la pista la que determinó si existieron desviaciones del movimiento.

Aquellas pasadas donde se demostró éste movimiento lateral del animal fueron desechadas. De cada animal se obtuvieron al menos tres pasadas correctas.

Figura 3.2. Disposición de las cámaras en la pista de grabación, y accesorios para calibración.



d) Análisis de imágenes:

Las grabaciones en formato miniDV fueron convertidas mediante la aplicación informática Pinnacle Studio 9.4 (Pinnacle Systems Inc., Mountain View, CA, EEUU) a formato AVI, momento en que se montaron los correspondientes archivos para cada animal.

Las grabaciones en formato AVI fueron estudiadas mediante el software de libre distribución Kinovea 0.8.15 (<http://www.kinovea.org>) (Figura 3.3).

De esta forma se capturó para cada animal y cada extremidad, de un mínimo de 3 fotogramas en formato JPG en el momento de la media estancia, cuando el 3MT se halla perpendicular al suelo (Leach *et al.* 1984).

Una vez obtenidas las series de imágenes JPG correctas de cada animal y cada extremidad, utilizando un visor de imágenes y ampliándola a voluntad se calculó el ángulo tarsal en cada una de ellas mediante la aplicación Measure 2.0, siguiendo el método descrito en el apartado 3.3.2.1.1. *Determinación mediante examen estático*, pero utilizando los marcadores cutáneos descritos anteriormente en el punto c de este mismo apartado (Figura 3.4).

Figura 3.3. Programa Kinovea a doble pantalla para comprobar que la grabación de la cámara lateral era de calidad eliminando los movimientos de lateralidad del équido.

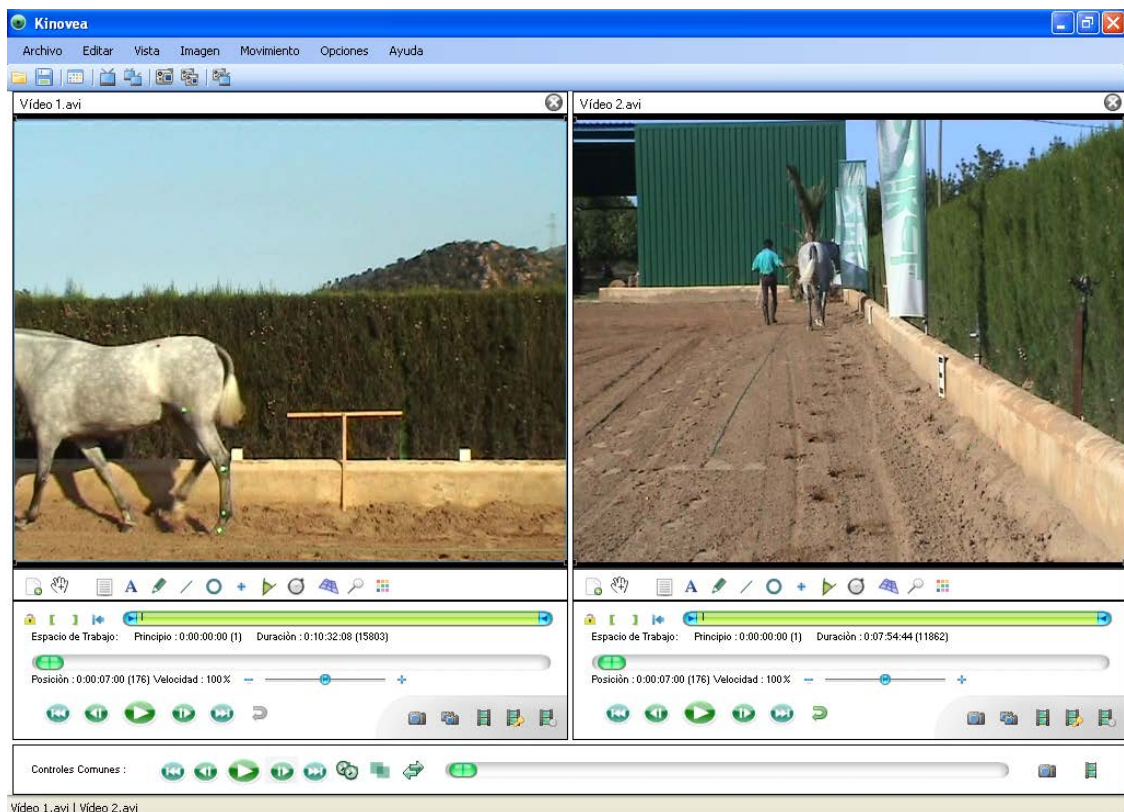
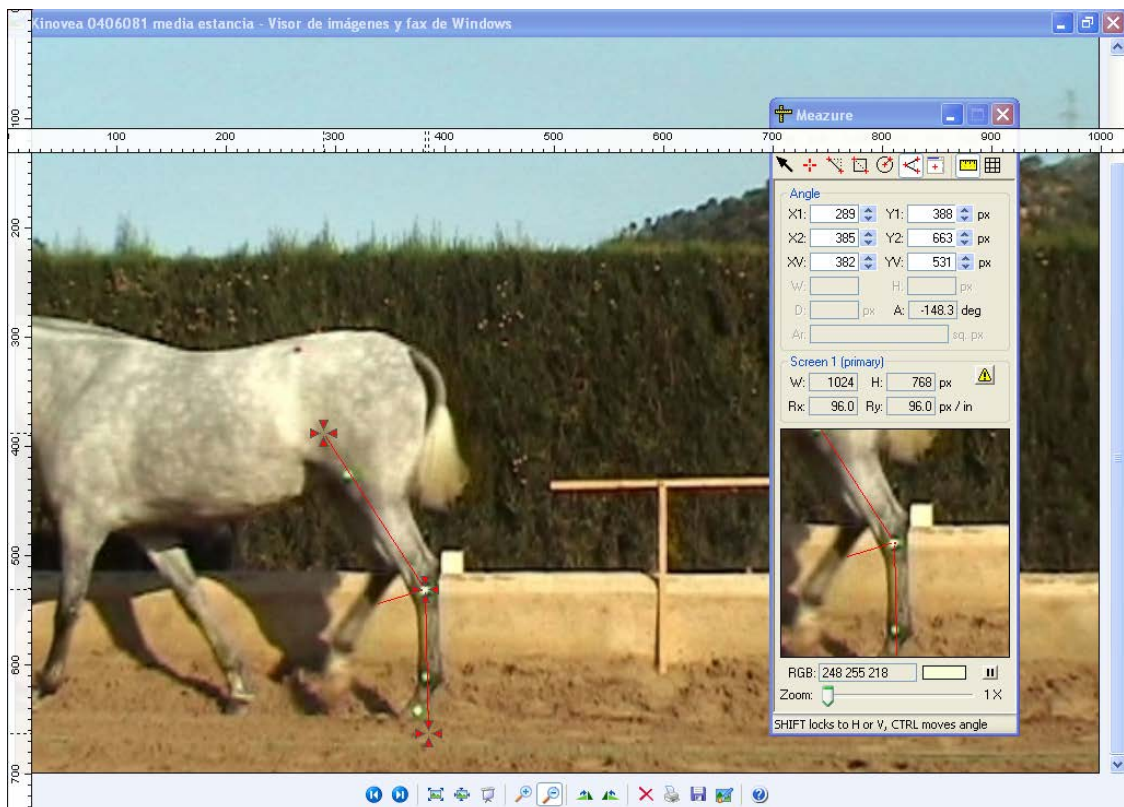


Figura 3.4. Las imágenes captadas del programa Kinovea se abrieron con el visor de imágenes y se calcularon los ángulos tarsales mediante la aplicación Measure 2.0.



En aquellos animales donde se disponía de más de tres grabaciones correctas se utilizaron sólo las mediciones de las tres primeras grabaciones, a fin de obtener su media o compararlas con las de las otras extremidades. De esta manera, para cada extremidad se obtuvo su media, que en esta Memoria hemos denominado como “ángulo dinámico”.

3.3.2.2. Conformación tarsal

Se realizó una fotografía para valorar el aplomo de las extremidades posteriores, que nos condujo a determinar su conformación tarsal, en función de los diferentes tipos de conformación que tradicionalmente han sido descritos (Adams 1974; Stashak 1987). Estas valoraciones se efectuaron tras sucesivos posicionamientos coincidentes, evitando por tanto aceptar posiciones pasajeras como definitivas haciendo cuadrar al animal sucesivas veces.

Al mismo tiempo que se realizó la fotografía lateral de cada animal para el cálculo de su ángulo tarsal (apartado 3.3.2.1.1. *Determinación mediante examen estático*), se obtuvo otra imagen con vista caudal sobre la que se utilizó una aplicación del programa Measure V.2.0 que permite visualizar una gradilla o cuadrícula sobre la imagen del animal, con la que junto a una regleta movable en el eje vertical, conseguimos evaluar objetivamente la desviación del corvejón sobre el eje perpendicular que pasase por la tuberosidad isquiática utilizado en cada caso (lateral y caudal) (Figuras 3.5 a 3.7).

Ambas imágenes (lateral y caudal) fueron utilizadas para la evaluación de la conformación del corvejón de una forma más objetiva y con constancia documental, complementando a la valoración subjetiva.

En función de lo observado, los animales se atribuyeron a alguna de las siguientes categorías (ver Figuras 2.8 a 2.11 del apartado 2.4.3.2. *Conformación tarsal*):

- Vista lateral:
 - Normal.
 - Remetido de detrás.
 - Quebrado de corvejones.
 - Recto de corvejones.
 - Plantado de detrás.
- Vista caudal:
 - Normal.
 - Cerrado de corvejones.
 - Abierto de corvejones.
 - Varus.
 - Valgus (Figura 3.8).

Figura 3.5. Vista lateral, utilización de gradilla y regleta del programa Meazure 2.0.

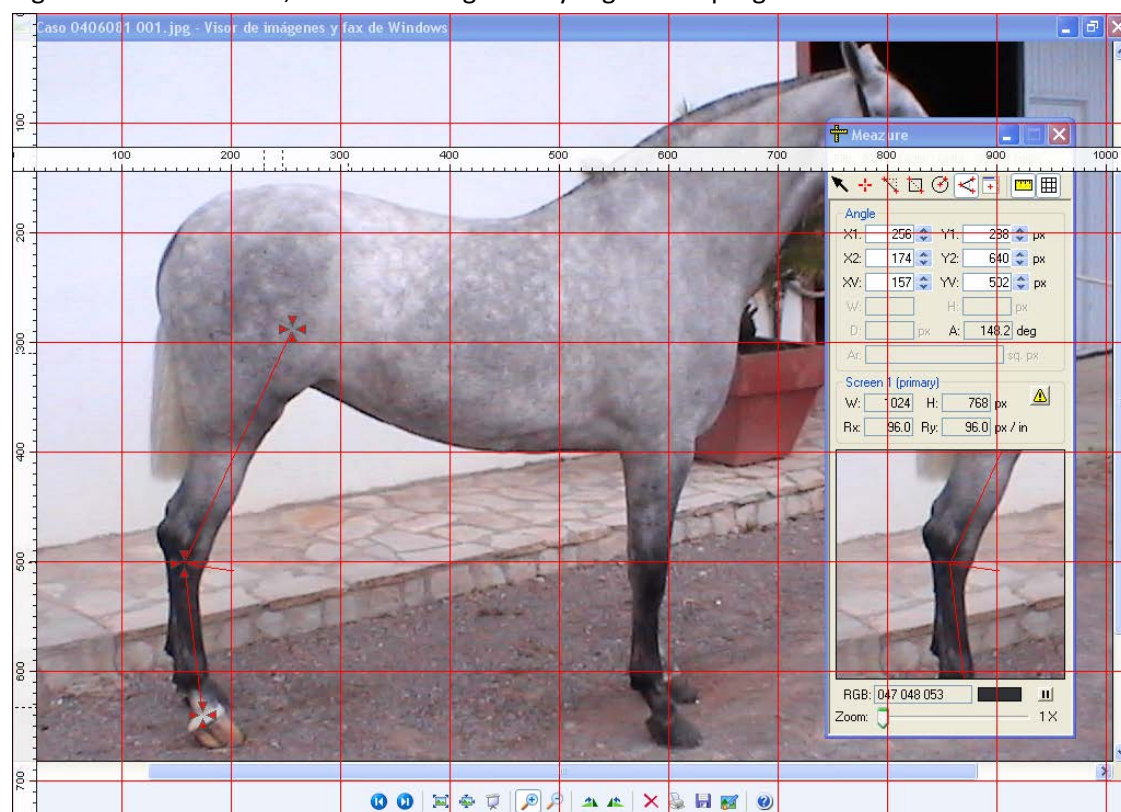


Figura 3.6. Vista caudal, utilización de gradilla y regleta del programa Meazure 2.0. Conformación cerrado de corvejones, vista caudal.

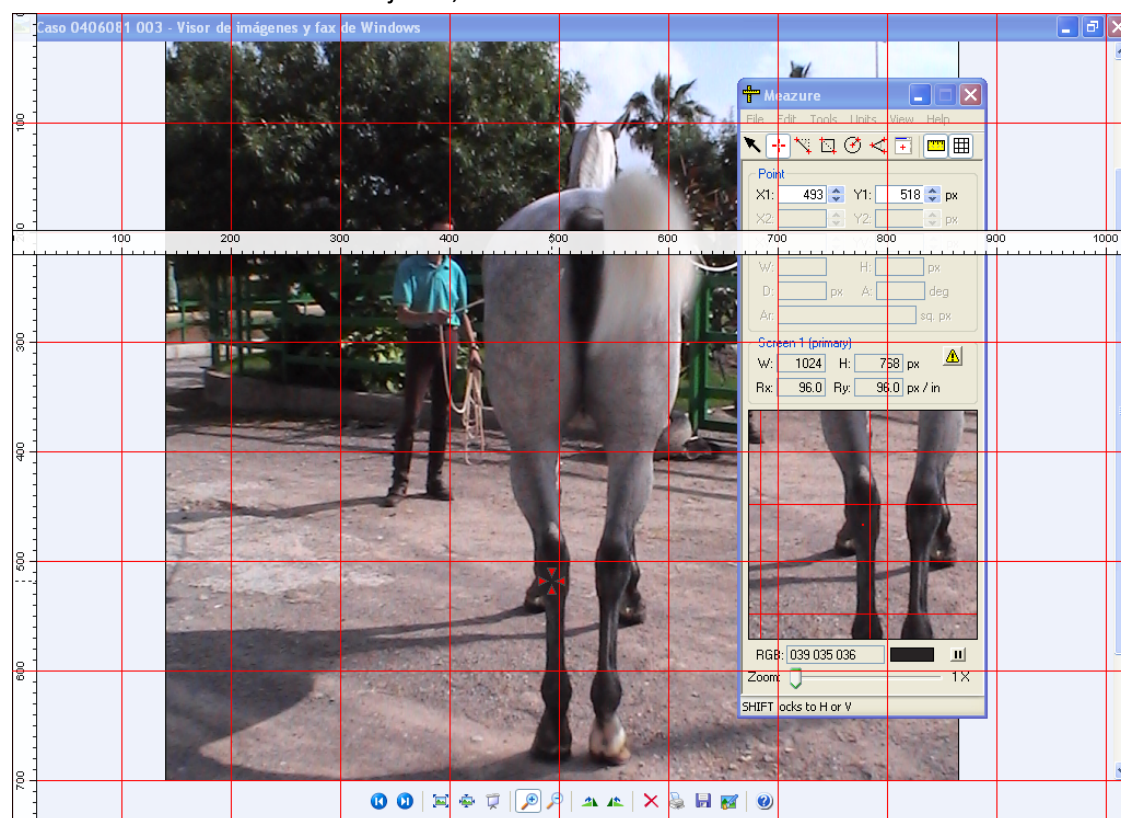


Figura 3.7. Conformación normal, vista caudal.

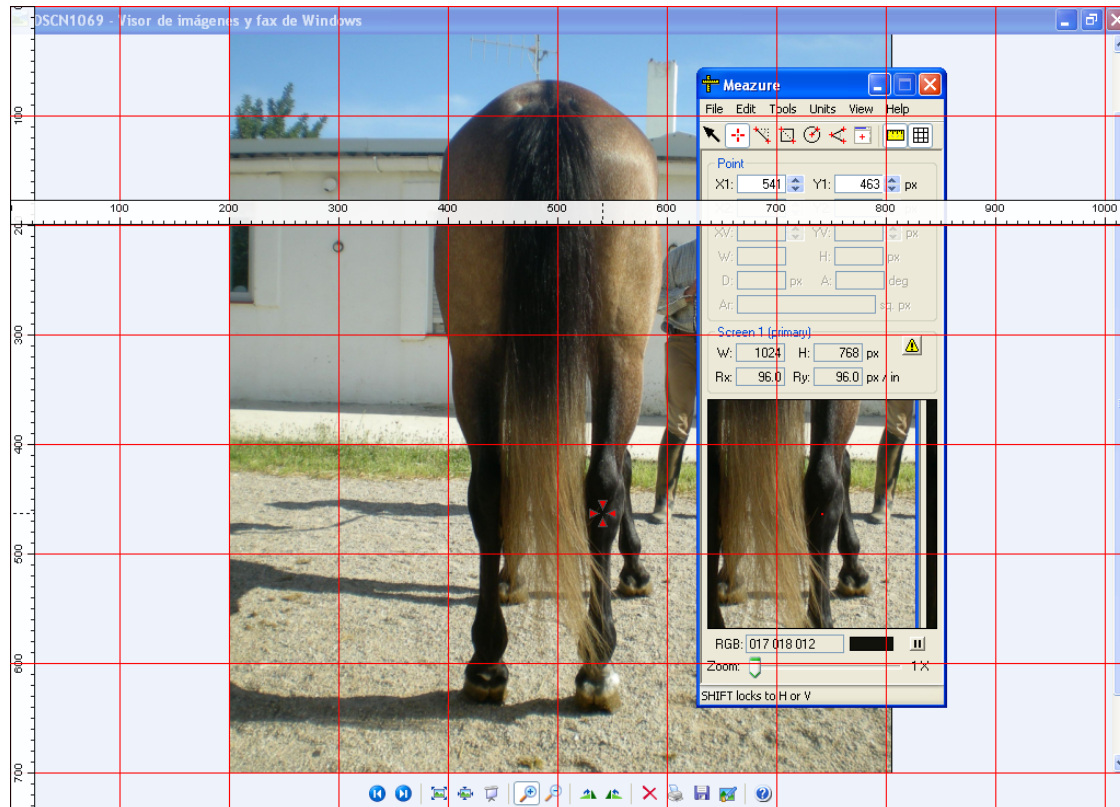
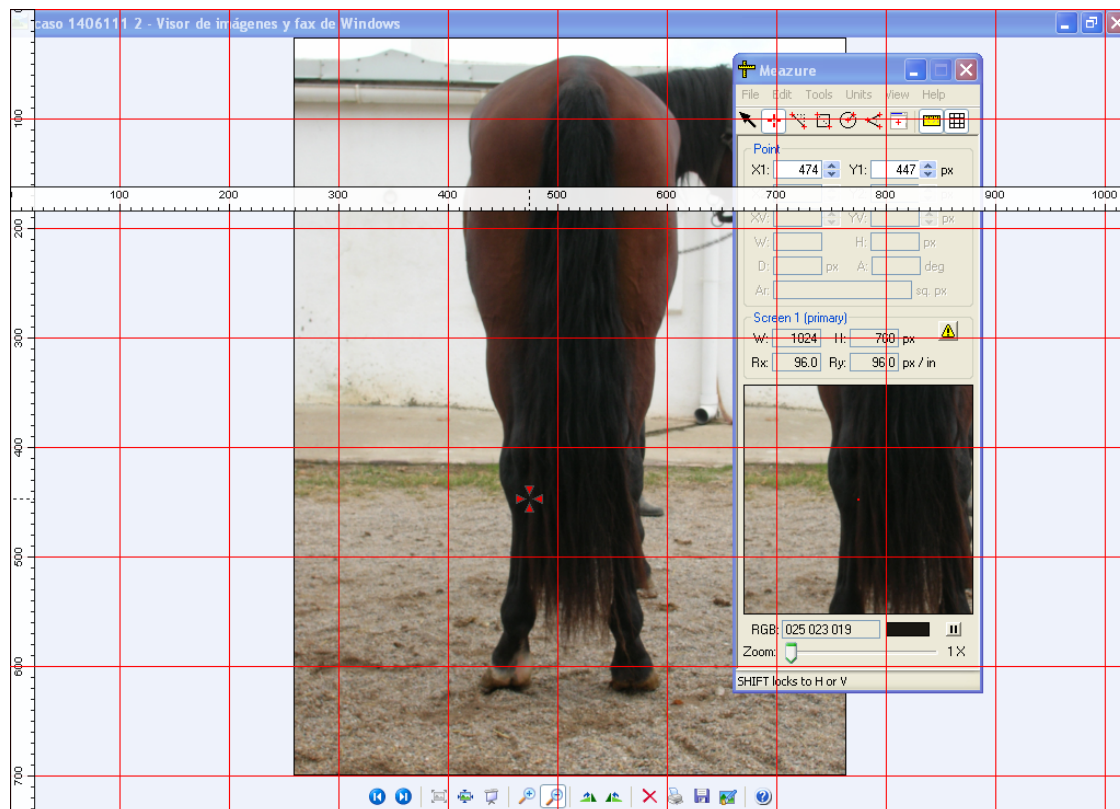


Figura 3.8. Conformación valgus, vista caudal.



3.4. Examen clínico

Incluyó una valoración estática y otra dinámica.

3.4.1. Examen estático

Se realizó un examen clínico del aparato locomotor tal como está descrito en la abundante literatura (Stashak 1987; Ross y Dyson 2003), incluyendo las diferentes pruebas de inspección, palpo-presión y movilización estática que se suelen incluir en este tipo de exámenes.

Mediante palpación en la cara medial distal del tarso se determinó la ausencia/presencia de alteraciones en el relieve de esa zona, las cuales fueron agrupadas en cuatro categorías: ausencia, ligeras, moderadas o graves (numerándolas del 0 al 3). La mera distensión fue reseñada con grado 1.

3.4.2. Examen dinámico

Se siguió un protocolo basado en lo previamente descrito por otros autores (Stashak 1987; Ross y Dyson 2003) que básicamente consistió en el estudio del movimiento al paso, y posteriormente al trote, en línea recta sobre un “pasillo” de suelo compacto (tierra) que generalmente fue un camino interior de la explotación, observando al animal tanto lateralmente como de frente y desde atrás. Posteriormente se estudió su movimiento al paso y al trote en círculo, a ambas manos, preferentemente sobre terreno compacto y blando.

Para la graduación de la cojera se ha utilizado el baremo establecido por la *American Association of Equine Practitioners* (AAEP 1999) de 1 a 5 grados:

- Grado 1: Dificultad de observarse; no consistentemente aparente sin relación a circunstancias (soporte de peso, en círculos, suelo inclinado, superficie dura, etc).
- Grado 2: Dificultad de observarse al paso o al trote en línea recta; consistentemente aparente bajo ciertas circunstancias (soporte de peso, en círculos, suelo inclinado, superficie dura, etc.).
- Grado 3: Observable consistentemente al trote bajo cualquier circunstancia.
- Grado 4: Cojera obvia: marcado cabeceo, golpe de pelvis o acortamiento del tranco.
- Grado 5: Mínimo apoyo en movimiento y/o en descanso; incapacidad de moverse.

Al finalizar la observación del movimiento en sus diferentes aires, formas y superficies, se procedió a realizar el test de flexión global de la extremidad posterior (Denoix 1992) también conocida como flexión del corvejón (Stashak 1987) o flexión superior de la extremidad posterior (Ross 2003) durante 60 s, graduándose el resultado según la

clasificación de Kester (1991) (citado por De Souza 2000) de 0 a 4:

- Grado 0: No aparece cojera.
- Grado 1: La cojera aparece en los primeros pasos, pero termina trotando normal.
- Grado 2: Aparece una cojera discreta, que persiste tras la flexión y no mejora a lo largo del trote.
- Grado 3: Aparece una cojera marcada, que no mejora o lo hace lentamente, a lo largo del trote.
- Grado 4: Tras la flexión el animal es incapaz de soportar su peso.

3.5. Estudio biocinémático

Utilizando la metodología descrita en el *apartado 3.3.2.1.2 Determinación mediante examen dinámico* sobre morfología del ángulo tarsal estudiada en movimiento, mediante pequeñas variaciones de procedimiento se pudo utilizar esta metodología para ampliar los datos obtenidos, determinando el ángulo máximo de retracción, el ángulo mínimo de protracción y el rango de movimiento articular.

A continuación se describen exclusivamente las variaciones introducidas sobre lo apuntado en el citado apartado, para poder realizar esta valoración biocinémática.

3.5.1. Preparación de la pista

A mitad de la pista se dispusieron dos tacos blancos de madera separados 2 m entre sus ejes y colocados en el suelo en el lado de la pared/bordillo. Sobre ésta también se apoyaron dos listones de madera articulados en forma de “T”, con el brazo vertical de 90 cm y el horizontal de 100 cm, estando este último nivelado.

3.5.2. Colocación de marcadores en el animal

Además de los marcadores utilizados para el cálculo del ángulo tarsal, se han utilizado dos tipos de marcadores adicionales en ambas extremidades posteriores, en función de su localización:

- a) Semiesferas de poliestireno expandido (Munné, Valencia, España), de 30 mm de diámetro, adheridas al pelo mediante tiras adhesivas de “crepe” y pintadas con esmalte acrílico amarillo o rojo para su uso en función de la capa del animal, en los siguientes puntos, según referencias previas (May y Wyn-Jones 1987; Buchner *et al.* 1996):
- Punto equidistante entre las dos tuberosidades sacras.
 - Tuberosidad coxal, en su punto más craneal.

b) Etiquetas circulares adhesivas de papel de 32 mm de diámetro, blancas o pintadas con rotulador verde fosforescente en función de la capa del animal, adheridas mediante adhesivo de cianocrilato y en las siguientes localizaciones según referencias anatómicas previamente establecidas (Galisteo *et al.* 1996; Cano *et al.* 1999):

- Corona del casco, a nivel del eje del dedo.

3.5.3. Grabación mediante videocámaras

A diferencia de lo realizado para el ángulo tarsal, en esta determinación además del paso, se grabó a los potros al trote, dejando la cámara, tal y como ya describió, fija y capturando todo el campo.

3.5.4. Análisis de imágenes

Las grabaciones al trote fueron analizadas posteriormente por el Prof. Dr. Alfonso Martínez Galisteo, del Equipo de Biomecánica del Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparada de la Universidad de Córdoba (España) mediante la aplicación informática SMVD 2.0, estudiando los siguientes parámetros de la protracción-retracción de las extremidades posteriores:

- *Ángulo Mínimo (mín; Protracción)*: previamente descrito (Clayton 1994) como el ángulo formado por una línea imaginaria paralela al suelo que pase por la articulación coxofemoral y una línea que una esta articulación con el marcador ubicado en la corona del casco, en el mismo momento del contacto de cualquier parte del casco con el suelo, al inicio de la fase de estancia (Figura 3.9).
- *Ángulo Máximo (Max; Retracción)*: es el ángulo determinado de la misma forma pero en el momento en que el casco inicia la fase de vuelo y abandona el suelo (Clayton 1994) (Figura 3.10).
- *Rango de Movimiento Articular (RMA)*: para la protracción-retracción de una extremidad posterior, es la diferencia entre los ángulos máximo y mínimo calculados de la misma extremidad del animal (Cano 1999).

En nuestro estudio, dado que los marcadores en la articulación coxofemoral no se pudieron mantener en todos los animales, el ángulo se determinó a partir del marcador ubicado en la tuberosidad coxal.

Figura 3.9. Angulo mínimo (mín; Protracción).

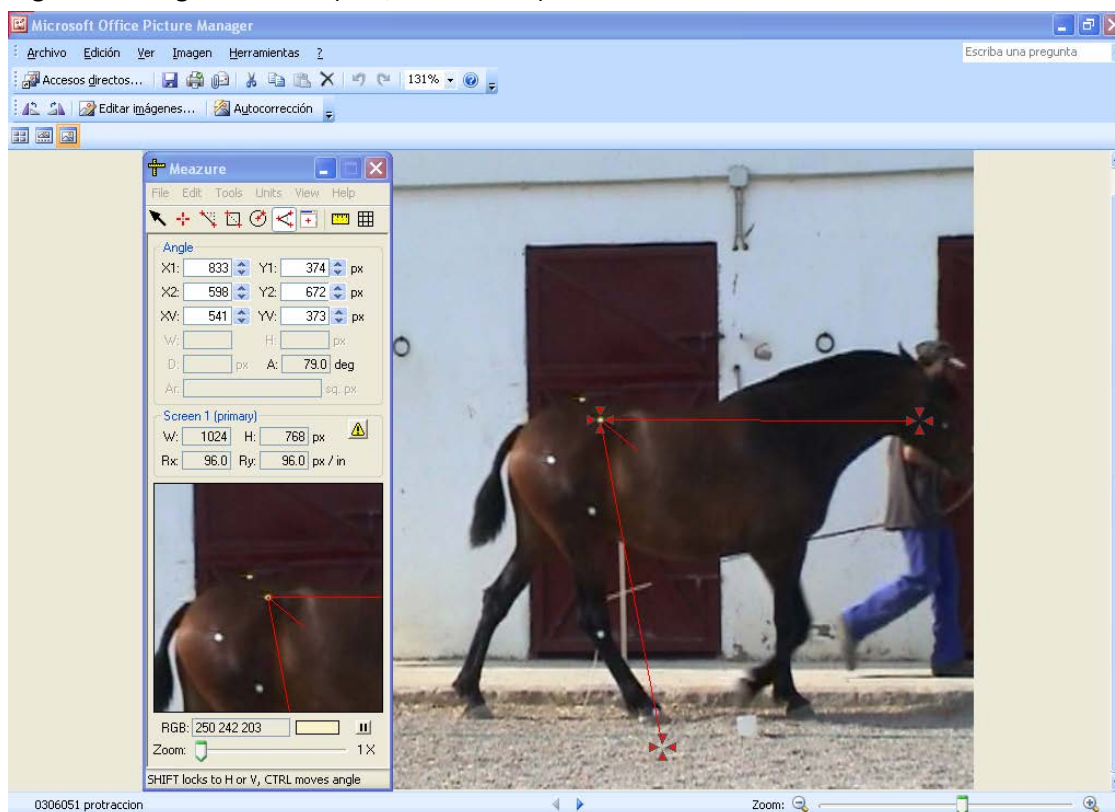


Figura 3.10. Ángulo Máximo (Max; Retracción).

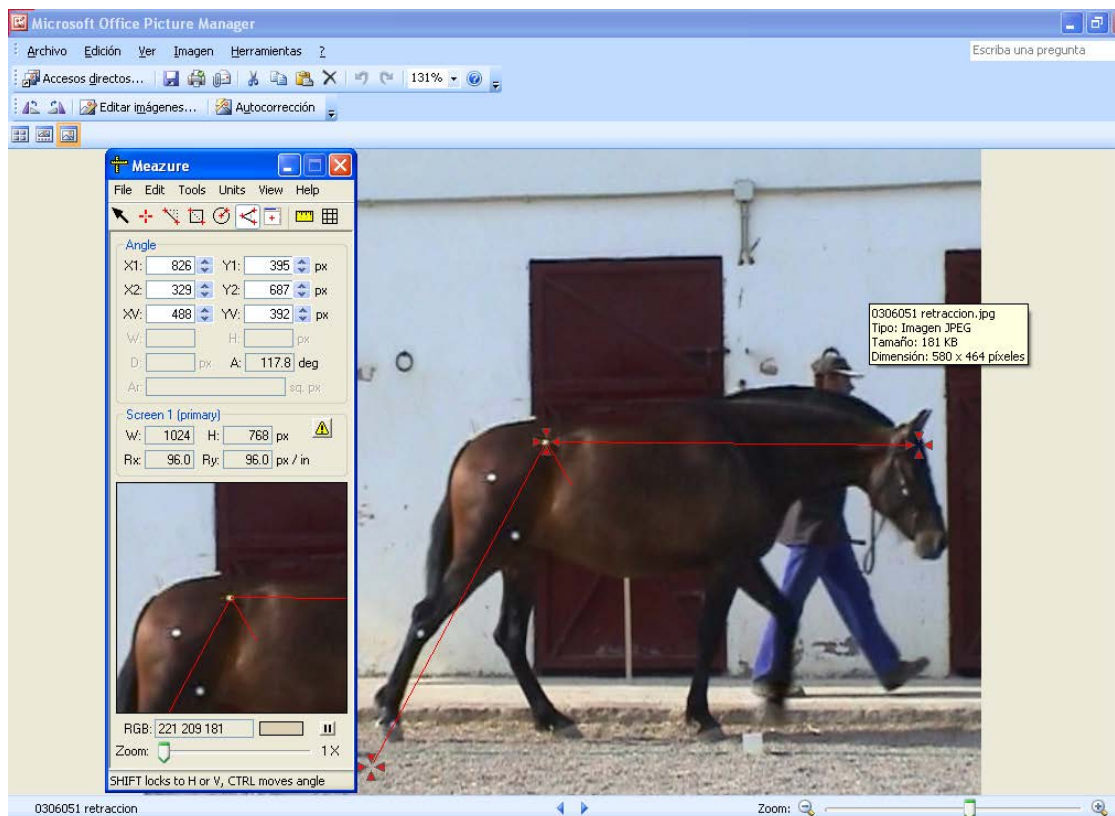


Figura 3.11. Programa SMVD 2.0 calculando el ángulo Mínimo (mín; Protracción).

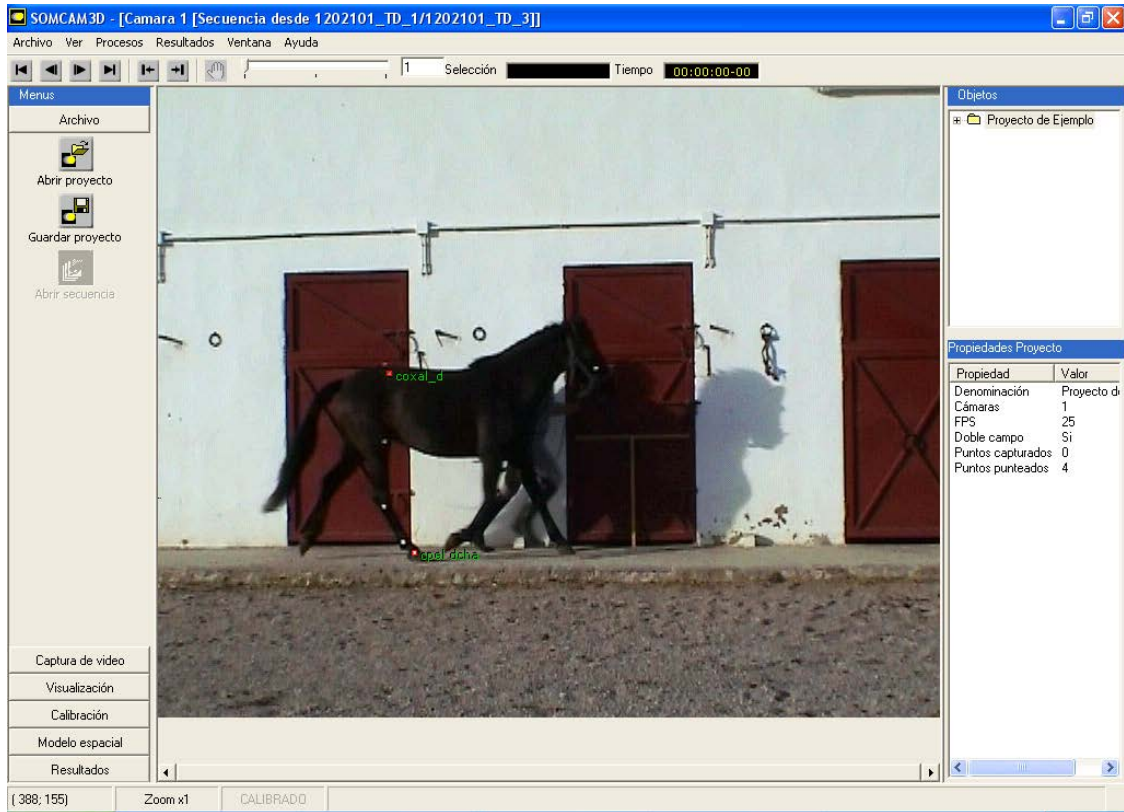
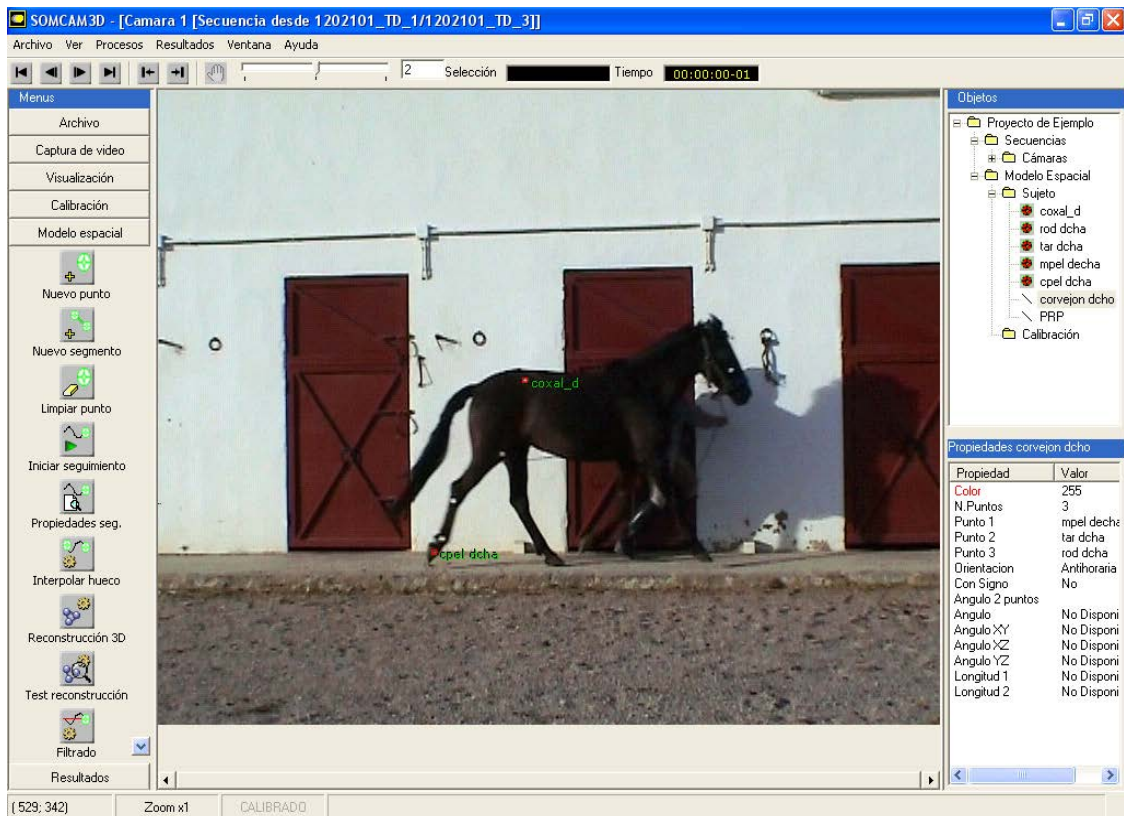


Figura 3.12. Programa SMVD 2.0 calculando el ángulo Máximo (Max; Retracción).



3.6. Estudio radiológico

A todos los animales de la muestra se estudiaron radiológicamente buscando hallazgos específicos compatibles con osteoartritis de las articulaciones distales del tarso.

3.6.1. Equipos y accesorios

Se empleó un equipo portátil Poskom PXP-40HF (comercializado en España bajo la marca Econet) de 2,4 kW, 100 kV y 35 mA. El tubo es un D-124 Toshiba con foco fino de 1,2 mm x 1,2 mm. A los chasis Fuji de 18x24 cm se les colocó sendas pantallas intensificadoras Fuji Regular 400, empleándose en todas las placas película mamográfica Kodak min-R 2000.

El revelado se realizó automáticamente bajo tiempos propios de mamografía en el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Provincial de la Excm. Diputación Provincial de Castellón.

Los dos últimos casos, en junio de 2011, fueron realizados utilizando un sistema de radiología digital mediante el equipo digitalizador Carestream Health Modelo Vita SE con el software Point of Care 3.0.

Cada una de las radiografías fue identificada mediante un código en base a números de plomo. Así mismo, se cumplió rigurosamente con las medidas de radioprotección que establece el protocolo de la *British Equine Veterinary Association* (BEVA 2006).

3.6.2. Factores de exposición

Dada la uniformidad de la población de la muestra, apenas ha variado los factores de exposición: 70 kV y 3,2 mAs. En animales con menor estructura ósea se ha trabajado con 68 kV y 2,5 mAs. La distancia focal empleada fue de 80 cm.

3.6.3. Proyecciones radiográficas

Las proyecciones utilizadas fueron las siguientes:

- Dorsoplantar.
- Latero5°proximal-mediiodistal.
- Dorso45°lateral-plantaromedial oblicua.
- Dorso45°medial-plantarolateral oblicua.

3.6.4. Evaluación radiológica

Con el objetivo de realizar una evaluación ciega, todas las radiografías fueron identificadas con el código propio del caso (fecha y orden de animal incorporado a la placa mediante numeración de plomo) y evaluadas por un radiólogo independiente al

estudio, el Prof. Eduard Gascón, responsable del Servicio de Radiología de la Unidad Equina del Hospital Clínic Universitari de la Universitat Autònoma de Barcelona. Este evaluador emitió un informe de cada radiografía describiendo los hallazgos encontrados.

En base a esos hallazgos, para la graduación de las lesiones radiológicas el doctorando utilizó la clasificación establecida por Fairburn y colaboradores (2010), que las categoriza en cuatro grados:

0. No se detectan anomalías.

1 (Ligera). Pequeños osteofitos, ligero estrechamiento del “espacio articular”, pequeños puntos de radiotransparencia subcondral, un área de opacidad ligeramente incrementada dorsalmente en CT o 3T con arquitectura trabecular todavía presente (Figura 3.13).

2 (Moderada). Combinación de tres supuestos: ligera a moderada formación de osteofitos, o formación de nuevo hueso en la inserción dorsal capsular; pequeños a moderados puntos de radiotransparencia subcondral; pérdida de espacio articular; suave incremento de radioopacidad dorsalmente en CT o 3T con arquitectura trabecular todavía presente (Figura 3.14).

3 (Severa). Pérdida completa de espacio articular además de cómo mínimo un supuesto de los siguientes: ligera, moderada o severa formación de osteofitos o nuevo hueso en la inserción dorsal capsular; moderada a severa irregularidad de los márgenes articulares; moderada a severa focos de radiotransparencia subcondral; ligero, moderado o severo incremento de radioopacidad dorsalmente en CT y 3T.

La presencia de un osteofito en el borde dorsoproximal del 3MT en ausencia de cualquier otra anomalía radiológica en cualquiera de las articulaciones CD y TMT determina una puntuación de la articulación TMT de 0.

Del mismo modo, esta graduación fue efectuada para cada articulación (CD y TMT) de cada extremidad y se detalló la localización exacta (lateral, dorsal o medial) para cada extremidad.

Es importante destacar que en este estudio, al igual que en otros muchos trabajos anteriores (Schebitz 1965; Taylor 1977; Hartung *et al.* 1983; Laverty *et al.* 1991; Sigurdsson 1991; Carlsten y Eksell 1994; Eksell *et al.* 1999; Hernández *et al.* 1999; Björnsdóttir *et al.* 2000; Eksell 2000; Hernández 2003; Björnsdóttir *et al.* 2004; Cook y Singer 2009; Fairburn *et al.* 2010; Daniel *et al.* 2012; Ley *et al.* 2014; Skelly y Dyson 2014; Skelly-Smith *et al.* 2015), para establecer cuando un animal padece o no esparaván, se han considerado exclusivamente criterios radiológicos, es decir: todos aquellos animales que presentaron lesiones radiológicas en las articulaciones distales del tarso (excepto las exóstosis aisladas del borde dorsoproximal del 3MT) fueron considerados a todos los efectos animales positivos de padecer esparaván, (independientemente de que presentaran o no otro tipo de hallazgos clínicos, como cojera, test de flexión positivo...).

Figura 3.13. Graduación de la articulación tarsometatarsiana y centro distal como tipo 1 según lesiones radiológicas.



Proyección Dorso45°Lateral-PlantaroMedial Oblicua del tarso donde se aprecian osteofitos del tercer tarsal (3T) tanto en la articulación tarsometatarsiana (TMT) como en la articulación centrodistal (CD) (flechas), evidenciados en la cara dorsomedial del tarso distal.

Figura 3.14. Graduación como tipo 2 de la articulación centrodistal y tipo1 de la tarsometatarsiana según lesiones radiológicas.



Proyección dorsomedial-plantarolateral oblicua del tarso donde se aprecian osteofitos tanto del borde dorsoproximal del tercer metatarsiano (3MT) en la articulación tarsometatarsiana (TMT), como del tercer tarsal (3T) y central tarsal (CT) en la articulación centrodistal (CD) indicando crecimiento periarticular (flechas), lisis en el CT (flecha gruesa) y esclerosis en el 3T (asterisco), evidenciados en la cara dorsolateral del tarso distal.

3.7. Análisis estadístico

La totalidad de datos obtenidos en el estudio se registraron en una base de datos Microsoft Access 2010, desde donde se exportaron los datos para ser procesados con el programa de análisis SPSS 19.0 para Windows. El error α se estableció en 0,050.

Las variables cualitativas se describieron en función de sus frecuencias absolutas y relativas, mientras que para las variables cuantitativas se calculó la media aritmética y la mediana como medidas de tendencia central, y la desviación estándar, el coeficiente de variación de Pearson y el rango (mínimo y máximo) como medidas de dispersión.

Para determinar la asociación entre dos variables cualitativas se realizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson. Esta prueba sólo es válida cuando menos del 20% de las frecuencias esperadas es menor de 5. En los casos donde no fue aplicable se realizaron la prueba exacta de Fisher (para tablas de contingencia 2x2) o la prueba de la razón de verosimilitudes (para el resto de situaciones).

Para comparar las medias de dos variables cuantitativas se determinó en primer lugar si seguían una distribución normal utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, lo que determina la utilización de pruebas paramétricas (cuando se asume normalidad en la distribución de las variables) o no paramétricas (en el caso contrario).

En el caso de comparación de medias entre dos categorías se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes, o la prueba U de Mann-Whitney como alternativa no paramétrica.

Si los datos eran pareados la diferencia entre medias se evaluó con la prueba t de Student para muestras dependientes, o con la prueba de Wilcoxon (su alternativa no paramétrica). También se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson (paramétrico) o de Spearman (no paramétrico) y los correspondientes coeficientes de determinación (r^2), estableciéndose los distintos grados de correlación:

- Moderada: r^2 entre 0,40 y 0,49
- Alta: r^2 entre 0,50 y 0,63
- Muy alta: r^2 entre 0,64 y 0,99

En el caso de las mediciones dinámicas del ángulo tarsal se realizaron tres mediciones, y se compararon los promedios con un modelo lineal general (GLM) de medidas repetidas.

4 Resultados

Los resultados de esta Tesis Doctoral se presentan organizados según los objetivos propuestos.

4.1. Determinación del ángulo tarsal y correlación entre ángulos tarsales medidos mediante examen estático y dinámico

Se fotografiaron en estación 23 animales y se grabaron con video solo 22 animales de los 25 de la muestra. Por lo tanto la muestra para esta variable se vio reducida a 22 animales. Por otra parte, dado que la fotografía en estancia solo se obtuvo de una extremidad (bien la izquierda, bien la derecha) enfrentamos sus datos con los obtenidos de las mediciones en movimiento de esas mismas extremidades, motivo por el que en lugar de las 44 mediciones dinámicas de que disponemos, para la comparación entre ángulo tarsal estático (fotografía) y dinámico (videocinemática), solo pudieron utilizarse 22 determinaciones.

Los resultados obtenidos para la medición del ángulo tarsal con los dos métodos empleados se muestran en la Tabla 4.1.1. La medición estática determinó un ángulo tarsal de $148,42 \pm 2,65^\circ$, mientras que la medición dinámica es de $149,25 \pm 2,62^\circ$. No se observaron diferencias relevantes entre ambos métodos de determinación del ángulo tarsal ya que las medias no fueron significativamente distintas ($p=0,107$).

Tabla 4.1.1. Diferencias entre mediciones pareadas del ángulo tarsal: dinámicas (promedio de tres mediciones) y estáticas.

| Extre- midad | Medición Dinámica | | | Medición Estática | | | p |
|-----------------|-------------------|---|---|-------------------|---|---|---------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ (CV) | Mediana [min - máx] | n | $\bar{X} \pm s$ (CV) | Mediana [min - máx] | |
| Izquierda | 10 | $150,52 \pm 2,08$ (0,014) | 151,00 [147,37 - 154,57] | 10 | $148,82 \pm 2,53$ (0,017) | 149,50 [143,70 - 152,60] | 0,064* |
| Derecha | 12 | $148,19 \pm 2,63$ (0,018) | 148,85 [143,47 - 152,17] | 12 | $148,08 \pm 2,81$ (0,019) | 148,30 [143,50 - 153,4] | 0,845* |
| Total | 22 | $149,25 \pm 2,62$ (0,018) | 149,58 [143,47 - 154,57] | 22 | $148,42 \pm 2,65$ (0,018) | 148,55 [143,50 - 153,40] | 0,107* |
| p | | 0,008** | | | 0,530** | | |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Significación de la prueba t de Student para muestras independientes

La diferencia en los promedios de las mediciones dinámicas de ambas extremidades (izquierda vs derecha) fue estadísticamente significativa ($p=0,008$), pero no tiene una significación morfológica, ya que la significación estadística observada es achacable a la homogeneidad de los datos analizados. Sin embargo, no se observan diferencias significativas entre las mediciones estáticas entre ambas extremidades. Hay que indicar que en este análisis se compararon extremidades izquierdas y derechas de distintos animales (ya que como se ha descrito previamente sólo disponíamos de la fotografía de un lado de cada caballo). Por este motivo ambas mediciones se consideran variables independientes.

La correlación entre las mediciones del ángulo tarsal entre ambos métodos (dinámicas como promedio de tres mediciones y estáticas) fue significativa, pero de manera moderada ($r=0,613$; $r^2=0,376$; $p=0,002$). En el caso de la extremidad izquierda no se observó una correlación significativa ($r=0,402$; $r^2=0,162$; $p=0,250$), mientras que en la extremidad derecha la correlación fue significativa y superior ($r=0,751$; $r^2=0,564$; $p=0,005$).

Para confirmar si existían diferencias entre las mediciones dinámicas entre cada extremidad, se realizó un análisis complementario de medidas repetidas de las tres mediciones realizadas en cada extremidad de cada uno de los 22 caballos, y se comprobó que dicha diferencia seguía siendo estadísticamente significativa ($p=0,008$), a pesar de que dicha diferencia desde el punto de vista morfológico no tiene valor como ya comentamos anteriormente (Tabla 4.1.2). En este caso hay que añadir a la homogeneidad de los resultados observados, la utilización de pruebas pareadas y un mayor tamaño de muestra que contribuyen a que se obtenga esta diferencia estadísticamente significativa. También es importante destacar que en este análisis se establece que no existen variaciones entre las diferentes mediciones en una misma extremidad ($p=0,819$) (Tabla 4.1.3), lo que indica la alta repetitividad del método de medición dinámico del ángulo tarsal dinámico. De hecho podemos constatar que la consistencia de la medición fue alta, teniendo en cuenta que el coeficiente de correlación intraclase fue de 0,850 (0,753 - 0,913; $p<0,001$) por lo que en análisis posteriores podremos utilizar el promedio de sólo las tres primeras mediciones dinámicas.

Tabla 4.1.2. Diferencias entre tres mediciones dinámicas repetidas del ángulo tarsal según la extremidad.

| Extremidad | n | $\bar{X} \pm s$ (CV) | Mediana [min - máx] |
|--------------|------------|---|---------------------------------|
| Izquierda | 66 | 150,58 \pm 2,78 (0,018) | 150,55 [145,40 - 160,20] |
| Derecha | 66 | 149,02 \pm 2,99 (0,020) | 148,95 [138,20 - 155,30] |
| Total | 132 | 149,80 \pm 2,98 (0,020) | 149,45 [138,20 - 160,20] |

Significación de la prueba del modelo lineal general para medidas repetidas según la extremidad, $p=0,008$

Tabla 4.1.3. Diferencias entre mediciones dinámicas repetidas del ángulo tarsal según la medición y la extremidad.

| | Extremidad Izquierda | | Extremidad Derecha | |
|--------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Medición | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ |
| Primera | 22 | 150,57 \pm 2,81 | 22 | 148,94 \pm 2,69 |
| Segunda | 22 | 150,69 \pm 2,27 | 22 | 149,27 \pm 3,58 |
| Tercera | 22 | 150,49 \pm 3,30 | 22 | 148,86 \pm 2,73 |
| Total | 66 | 150,58 \pm 2,78 | 66 | 149,02 \pm 2,99 |

Significación de la prueba del modelo lineal general para medidas repetidas según la medición, $p=0,819$

4.2. Caracterización de la incidencia de esparaván en animales PRE de 3 años en la muestra estudiada

El 60% (15 de 25) de los animales estudiados presentaron esparaván, es decir, mostraron signos radiológicos compatibles con OA en alguna de las articulaciones distales del tarso de alguna de sus extremidades. De ellos, 10 presentaban lesión bilateral (40% del total) y 5 (20% del total), solo esparaván unilateral (Tabla 4.2.1). Por lo tanto, de los animales afectados, el 66,7% (10 de 15) presentaba esparaván bilateral.

Tabla 4.2.1. Evaluación radiológica (RX) por animal, indicando presencia unilateral o bilateral en la articulación centrodistal (CD) y/o tarsometatarsiana (TMT).

| Observación | n | Lesión bilateral | Lesión unilateral | Sin lesión |
|------------------------|----|------------------|-------------------|------------|
| RX Global (CD y/o TMT) | 25 | 10 (40,0%) | 5 (20,0%) | 10 (40,0%) |

4.3. Caracterización radiológica y clínica de los animales con esparaván

4.3.1. Caracterización radiológica

Tal y como se muestra en la Tabla 4.3.1, hay que destacar que en nuestra muestra la articulación TMT es la que más se afectó por la OA, correspondiendo al 56% de animales, frente al 32% que fueron afectados por OA de la articulación CD. Un 28% del total de animales presentaba lesión en ambas zonas a la vez (TMT y CD) (Tabla 4.3.2). De los animales afectados, un 6,7% presentaba lesiones en la CD, un 46,7% en la TMT y un 46,7% en ambas articulaciones (Tabla 4.3.3). Estos resultados anteriormente expuestos se han ofrecido sobre el total de animales de la muestra; puesto que muchos de ellos presentan lesión bilateral, si lo calculamos por extremidades, esta diferencia se agudizó pues la OA en las extremidades de nuestra población duplicó su

presentación en la articulación TMT (44%) respecto a la CD (22%) (Tabla 4.3.5). En consecuencia, se pone de manifiesto una mayor presencia de la articulación TMT a la hora de sufrir OA de las articulaciones distales del tarso en el PRE.

Tabla 4.3.1. Evaluación radiológica (RX) por animal, indicando presencia unilateral o bilateral de lesiones radiológicas (entre paréntesis % sobre el total).

| Observación | n | Lesión bilateral | Lesión unilateral | Con lesión | Sin lesión |
|----------------------|----|------------------|-------------------|------------|------------|
| RX centrodiscal | 25 | 3 (12,0%) | 5 (20,0%) | 8 (32,0%) | 17 (68,0%) |
| RX tarsometatarsiana | 25 | 8 (32,0%) | 6 (24,0%) | 14 (56,0%) | 11 (44,0%) |

Hay que indicar que la presentación simultánea de lesión en ambas zonas (CD y TMT) (Tabla 4.3.2) es significativa pero presenta una baja concordancia, y tan sólo en un 16% de los casos se observaron a la vez ambas lesiones en la misma extremidad (Tabla 4.3.4).

Tabla 4.3.2. Presentación simultánea entre evaluaciones radiológicas (RX) por animales (n=25).

| | | RX tarsometatarsiana | | | |
|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------------|------------|
| | | Sin signos | Signos unilateral | Signos bilateral | Total |
| RX centrodiscal | Sin signos | 10 (40,0%) | 1 (4,0%) | 6 (24,0%) | 17 (68,0%) |
| | Signos unilateral | 1 (4,0%) | 3 (12,0%) | 1 (4,0%) | 5 (20,0%) |
| | Signos bilateral | - | 2 (8,0%) | 1 (4,0%) | 3 (12,0%) |
| | Total | 11 (44,0%) | 6 (24,0%) | 8 (32,0%) | 100,0% |

Significación de la prueba de Razón de Verosimilitudes, $p=0,023$
Coeficiente de concordancia Kappa de Cohen, $k=0,284$

Tabla 4.3.3. Presentación simultánea entre evaluaciones radiológicas (RX) por animales con esparaván (n=15).

| | | RX tarsometatarsiana | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------------|-------------|--------------|
| | | Sin signos | Signos unilateral | Signos bilateral | Total | Total (n=8)* |
| RX centrodiscal | Sin signos | - | 1 (6,7%) | 6 (40,0%) | 7 (46,7%) | - |
| | Signos unilateral | 1 (6,7%) | 3 (20,0%) | 1 (6,7%) | 5 (33,3%) | 5 (62,5%) |
| | Signos bilateral | - | 2 (13,3%) | 1 (6,7%) | 3 (20,0%) | 3 (37,5%) |
| | Total | 1 (6,7%) | 6 (40,0%) | 8 (53,3%) | 15 (100,0%) | |
| | Total (n=14)* | - | 6 (42,9%) | 8 (57,1%) | | 100% |

*Considerando sobre animales con signos

Tabla 4.3.4. Concordancia entre evaluaciones radiológicas (RX) por extremidades.

| Observación | n | Concordante sin lesión | Concordante con lesión | Discordante | p | kappa |
|---|----|------------------------|------------------------|-------------|-------|-------|
| RX centrodistal – RX tarsometatarsiana | 50 | 25 (50,0%) | 8 (16,0%) | 17 (34,0%) | 0,042 | 0,271 |

* Significación de la prueba exacta de Fisher

Teniendo en cuenta el total de extremidades, un 50% (25 de 50) de nuestra muestra presentó signos de esparaván (Tabla 4.3.5).

Tabla 4.3.5. Evaluación radiológica (RX) según la extremidad.

| | RX centrodistal | | RX tarsometatarsiana | | RX Global (CD y/o TMT) | |
|--------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| Extremidad | n | % | n | % | n | % |
| Izquierda | 25 | 4 (16,0%) | 25 | 11 (44,0%) | 25 | 11 (44,0%) |
| Derecha | 25 | 7 (28,0%) | 25 | 11 (44,0%) | 25 | 14 (56,0%) |
| Total | 50 | 11 (22,0%) | 50 | 22 (44,0%) | 50 | 25 (50,0%) |
| p* | | 0,306 | | >0,999 | | 0,396 |

* Significación de la prueba Chi-cuadrado de Pearson

Por otro lado, no existen diferencias significativas en la incidencia de lesiones radiológicas entre extremidad izquierda y derecha, tanto en la articulación CD como en la TMT (Tabla 4.3.1).

Como ya se ha comentado a partir de la Tabla 4.3.5, el 50% de extremidades mostraron alteraciones radiológicas compatibles con OA distal del tarso. En este grupo de extremidades lesionadas se ha observado que su presentación corresponde casi en la mitad de los casos (48%) a la zona dorsolateral y lateral, el 36% a la zona dorsal y solo el 16% a la dorsomedial (Tabla 4.3.6).

Tabla 4.3.6. Localización de la lesión radiológica centrodistal y/o tarsometatarsiana (n=50).

| Zona afectada | n | Sobre total | IC95% | Sobre lesionados | IC _{95%} |
|---------------|----|-------------|-------------|------------------|-------------------|
| Sin lesión | 25 | 50,0% | 36,6 – 63,4 | - | - |
| Lateral | 5 | 10,0% | 4,3 – 21,4 | 20,0% | 8,9 – 39,1 |
| Dorso Lateral | 7 | 14,0% | 7,0 – 26,2 | 28,0% | 14,3 – 47,6 |
| Dorsal | 9 | 18,0% | 9,8 – 30,8 | 36,0% | 20,2 – 55,5 |
| Dorso Medial | 4 | 8,0% | 3,2 – 18,8 | 16,0% | 6,4 – 34,7 |
| Medial | 0 | 0,0% | 0 – 7,1 | 0,0% | 0 – 13,3 |

Siguiendo los criterios de Fairburn y colaboradores (2010), las lesiones encontradas tanto en la articulación CD como en la TMT fueron predominantemente de grado 1, en el 90,9% y solo un 9,1% para las de grado 2. No encontramos lesiones de grado 3 en

nuestra muestra. Además el grado de lesión observado a nivel CD y TMT estuvo significativamente asociado (Tablas 4.3.7).

Tabla 4.3.7. Graduación radiológica (RX) por extremidades (n=50).

| | | RX tarsometatarsiana | | | | |
|------------------|----------------------|----------------------|------------|----------|----------------|----------------------|
| | | Grado 0 | Grado 1 | Grado 2 | Total sobre RX | Total sobre lesiones |
| RX centro-distal | Grado 0 | 25 (50,0%) | 14 (28,0%) | - | 39 (78,0%) | |
| | Grado 1 | 3 (6,0%) | 5 (10,0%) | 2 (4,0%) | 10 (20,0%) | 10 (90,9%) |
| | Grado 2 | - | 1 (2,0%) | - | 1 (2,0%) | 1 (9,1%) |
| | Total sobre RX | 28 (56,0%) | 20 (40,0%) | 2 (4,0%) | 100,0% | |
| | Total sobre lesiones | | 20 (90,9%) | 2 (9,1%) | | 100,0% |

Significación de Chi-cuadrado de Pearson, $p=0,021$.

Aunque en nuestro trabajo los animales con osteofitos en el borde dorsoproximal de 3MT sin otras lesiones concomitantes en filas distales del tarso no se han considerado como animales con esparaván, como en muchos artículos publicados anteriormente sí que se hace hincapié en este hallazgo y su relación con la OA del tarso distal, hemos considerado interesante reflejar su incidencia en nuestra muestra (Tabla 4.3.8).

Tabla 4.3.8. Presentación de osteofitos en el borde dorsoproximal del tercer metatarsiano por extremidades (n=50).

| | Sin otras lesiones | Con otras lesiones TMT y/o CD | Total |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------|
| Osteofitos borde dorsoproximal 3MT | 16 (32,0%) | 11 (22,0%) | 27 (54,0%) |

4.3.2. Caracterización clínica

La prueba de flexión global de la extremidad posterior no se pudo realizar en dos animales por no dejarse manipular (recién desbravado, recelos...), y en una extremidad de otro animal que tampoco lo permitió.

Por animales se observó un resultado positivo a esta prueba en un 27,2% (Tabla 4.3.9), mientras que estratificando por extremidades nos dio valores del 17,8% (Tabla 4.3.10).

Tabla 4.3.9. Observación clínica de cojeras por animal en las tres pruebas realizadas.

| Observación | n | Cojera bilateral | Cojera unilateral | Con cojera | Sin cojera |
|------------------|----|------------------|-------------------|------------|------------|
| Trote en línea | 25 | - | 5 (20,0%) | 5 (20,0%) | 20(80,0%) |
| Trote en círculo | 25 | 1 (4,0%) | 13 (52,0%) | 14 (56,0%) | 11 (44,0%) |
| En flexión | 22 | 1 (4,5%) | 5 (22,7%) | 6 (27,2%) | 16 (72,8%) |

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la presentación de cojeras entre extremidades izquierda y derecha, independientemente de la prueba (trote, círculo o flexión) efectuada (Tabla 4.3.10).

Tabla 4.3.10. Observación clínica de cojeras según la extremidad.

| | Trote en línea | | Trote en círculo | | En flexión | |
|-------------------|----------------|------------------|------------------|-------------------|------------|------------------|
| Extremidad | n | % | n | % | n | % |
| Izquierda | 25 | 3 (12,0%) | 25 | 9 (36,0%) | 23 | 5 (21,7%) |
| Derecha | 25 | 2 (8,0%) | 25 | 6 (24,0%) | 22 | 3 (13,6%) |
| Total | 50 | 5 (10,0%) | 50 | 15 (30,0%) | 45 | 8 (17,8%) |
| p* | | >0,999** | | 0,355* | | 0,699* |

* Significación de la prueba Chi-cuadrado de Pearson

** Significación de la prueba exacta de Fisher

Al estudiar las cojeras observadas durante las distintas pruebas anteriormente citadas (Tabla 4.3.11) hay que destacar que la proporción de extremidades en las que se observaba la cojera en más de una prueba (definido en la tabla como pruebas concordantes con cojera) era bastante baja (siempre inferior al 5%), y que en la mayoría de los casos sólo manifestaban la cojera durante sólo uno de los procedimientos realizados (definido en la tabla como pruebas discordantes).

Tabla 4.3.11. Concordancia entre las observaciones clínicas de cojeras por extremidades.

| Observación | n | Pruebas concordantes sin cojera | Pruebas concordantes con cojera | Pruebas discordantes | p | kappa |
|-----------------------------------|----------|--|--|-----------------------------|----------|--------------|
| Trote en línea – Trote en círculo | 50 | 32 (64,0%) | 2 (4,0%) | 16 (32,0%) | 0,629* | 0,059 |
| Trote en línea – En flexión | 45 | 34 (75,6%) | 1 (2,2%) | 10 (22,2%) | 0,557* | 0,055 |
| Trote en círculo – En flexión | 45 | 26 (57,8%) | 2 (4,4%) | 17 (37,8%) | >0,999* | -0,038 |

* Significación de la prueba exacta de Fisher

Las escasas cojeras observadas (en sólo un 20% de las extremidades) detalladas en la Tabla 4.3.12 fueron en todos los casos inferiores a un grado 3 y la mayor parte de ellas sólo de grado 1 (75,9%) (Tabla 4.3.13).

Tabla 4.3.12. Graduación de intensidad de cojera por extremidades.

| Observación | n | Grado 0 | Grado 1 | Grado 2 | Grado 3 |
|--------------------|------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Trote en línea | 50 | 45 (90,0%) | 5 (10,0%) | - | - |
| Trote en círculo | 50 | 34 (68,0%) | 13 (26,0%) | 3 (6,0%) | - |
| Prueba de flexión | 45 | 37 (74,0%) | 4 (8,0%) | 4 (8,0%) | - |
| Total | 145 | 116 (80,0%) | 22 (15,2%) | 7 (4,8%) | 0 (0,0%) |

Tabla 4.3.13. Graduación de intensidad de cojera en extremidades cojas.

| Observación | n | Grado 1 | Grado 2 | Grado 3 |
|-------------------|-----------|-------------------|------------------|-----------------|
| Trote en línea | 5 | 5 (100,0%) | - | - |
| Trote en círculo | 16 | 13 (81,3%) | 3 (18,7%) | - |
| Prueba de flexión | 8 | 4 (50,0%) | 4 (50,0%) | - |
| Total | 29 | 22 (75,9%) | 7 (24,1%) | 0 (0,0%) |

4.3.2.1. Palpación de la cara medial del tarso

Los hallazgos resultantes de la palpación de la cara medial del tarso denotaron una modificación muy ligera y escasa de la zona evaluada, siendo la mayoría de las alteraciones encontradas atribuibles sólo a los tejidos blandos periarticulares (distensiones). Se registraron un 74% de extremidades normales (n=37), 24% con modificación ligera (n=12) y 2% con una alteración media (n=1).

4.3.2.2. Descripción de la conformación

El resultado de la evaluación subjetiva apoyada con fotografía de la conformación tarsal de los animales PRE de la muestra viene reflejado en la Tabla 4.3.14. Destaca que en toda la muestra no hubo ningún animal con conformación normal, recto o plantado a la vista lateral, así como ninguno era abierto de corvejones o varus a la vista caudal. Los resultados muestran que no hubo ningún animal en el estudio con conformación normal de corvejones.

Tabla 4.3.14. Asociación entre la conformación en vistas caudal y lateral (n=23).

| | | Vista caudal | | | | | Total |
|---------------|--------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | | Normal | Abierto | Cerrado | Valgus | Varus | |
| Vista lateral | Normal | - | - | - | - | - | 0 (0,%) |
| | Quebrado | 4 (17,4%) | - | 8 (34,8%) | 2 (8,7%) | - | 14 (60,9%) |
| | Remetido | 3 (13,0%) | - | 2 (8,7%) | 4 (17,4%) | - | 9 (39,1%) |
| | Recto | - | - | - | - | - | 0 (0,%) |
| | Plantado | - | - | - | - | - | 0 (0,%) |
| | Total | 7 (30,4%) | 0 (0,0%) | 10 (43,5%) | 6 (26,1%) | 0 (0,0%) | 23 (100,0%) |

* Significación según prueba Chi-cuadrado de Pearson, p=0,175

4.3.3. Evaluación radiológica vs observación clínica de cojeras

Teniendo en cuenta que el test de flexión global se realizó solo en 22 animales frente a la totalidad que sí fueron explorados radiológicamente, los resultados del estudio determinaron que un 27,3% del total de los animales presentaron signos radiológicos de OA y al mismo tiempo cojera a la flexión, mientras que el 31,8% presentó signos radiológicos sin cojera a la flexión. Es importante destacar que en nuestro estudio no

hubo ningún animal cojo sin signos radiológicos en el tarso, lo cual, pese a que en nuestro estudio no se hicieron anestias diagnósticas para confirmar que el origen de la cojera en nuestra muestra provenía del tarso, parece indicar que ninguno de los animales incluidos tenía cojeras producidas en regiones distintas al tarso (Tabla 4.3.15).

Tabla 4.3.15. Distribución de animales según presentación de cojeras a la flexión (CJ) y signos radiológicos (SR) globales (n=22).

| | Sin CJ ni SR | CJ sin SR | CJ y SR | SR sin CJ |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Total | 9 (40,9%) | 0 (0,0%) | 6 (27,3%) | 7 (31,8%) |

No existe relación entre las lesiones radiológicas de las articulaciones distales del tarso con la manifestación de cojeras a la flexión (Tabla 4.3.16). Es de destacar que todos los animales que dieron positivo a la prueba de flexión presentaron lesiones radiológicas en alguna de sus extremidades, no siendo cierto lo opuesto, es decir, que se observaron animales negativos a la prueba de flexión a pesar de que presentaban lesiones radiológicas.

Tabla 4.3.16. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) centrodistales (CD) y/o tarsometatarsianas (TMT) por animal.

| RX CD y/o TMT | Sin cojera | Cojera unilateral | Cojera bilateral | Total |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Sin signos radiológicos | 9 (40,9%) | - | - | 9 (40,9%) |
| Signos radiológicos unilaterales | 3 (13,6%) | 1 (4,5%) | 1 (4,5%) | 5 (22,7%) |
| Signos radiológicos bilaterales | 4 (18,2%) | 4(18,2%) | - | 8 (36,4%) |
| Total | 16 (72,7%) | 5 (22,7%) | 1 (4,5%) | 22 (100,0%) |

* Significación de la prueba de Razones de Verosimilitud, p=0,032

Estratificando estos resultados por articulaciones, se observó que existían más cojeras observadas a la flexión relacionadas con la articulación TMT, que con la CD (Tablas 4.3.17 y 4.3.18).

Tabla 4.3.17. Distribución de animales según presentación de cojeras a la flexión (CJ) y signos radiológicos (SR) en la articulación centrodistal (CD) (n=22).

| | Sin CJ ni SR | CJ sin SR | SR y CJ | SR sin CJ |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Total | 12 (54,5%) | 3 (13,6%) | 3 (13,6%) | 4 (18,2%) |

Tabla 4.3.18. Distribución de animales según presentación de cojeras a la flexión (CJ) y signos radiológicos (SR) en la articulación tarsometatarsiana (TMT) (n=22).

| | Sin CJ ni SR | CJ sin SR | SR y CJ | SR sin CJ |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Total | 10 (45,5%) | 0 (0,0%) | 6 (27,2%) | 6 (27,3%) |

La prueba de Razón de Verosimilitudes mostró que existían más cojeras observadas a la flexión relacionadas con la articulación TMT, mientras que no estuvieron relacionadas a nivel de la articulación CD (Tabla 4.3.19 y 4.3.20).

Tabla 4.3.19. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) centrodistales (CD) por animal.

| RX CD | Sin cojera | Cojera unilateral | Cojera bilateral | Total |
|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Sin signos | 12 (54,5%) | 3 (13,6%) | - | 15 (68,2%) |
| Signos unilaterales | 3 (13,6%) | 1 (4,5%) | 1 (4,5%) | 5 (22,7%) |
| Signos bilaterales | 1 (4,5%) | 1 (4,5%) | - | 2 (9,1%) |
| Total | 16 (72,7%) | 5 (22,7%) | 1 (4,5%) | 22 (100,0%) |

* Significación de la prueba de Razones de Verosimilitud, $p=0,420$

Tabla 4.3.20. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) tarsometatarsianas (TMT) por animal.

| RX TMT | Sin cojera | Cojera unilateral | Cojera bilateral | Total |
|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Sin signos | 10 (45,5%) | - | - | 10 (45,5%) |
| Signos unilaterales | 2 (9,1%) | 2 (9,1%) | 1 (4,5%) | 5 (22,7%) |
| Signos bilaterales | 4 (18,2%) | 3 (13,6%) | - | 7 (31,8%) |
| Total | 16 (72,7%) | 5 (22,7%) | 1 (4,5%) | 22 (100,0%) |

* Significación de la prueba de Razones de Verosimilitud, $p=0,026$

Analizando los datos por extremidades, nuestros resultados mostraron que no existe una relación significativa entre las extremidades que presentan signos radiológicos de OA de las articulaciones tarsales distales y las cojeras detectadas mediante la prueba de flexión global de la extremidad posterior (Tabla 4.3.21). Un 13,3% de extremidades con signos radiológicos presentan también cojera a la flexión, pero un 35,5% no se manifiesta con cojera. Y viceversa, un 4,4% de extremidades con flexión positiva no presentan signos radiológicos. En cualquier caso estos resultados no fueron estadísticamente significativos.

Tabla 4.3.21. Asociación de las cojeras observadas en flexión con evaluaciones radiológicas (RX) en articulación centrodistal (CD) y tarsometatarsiana (TMT) por extremidades.

| Evaluación | n | Con cojera en flexión | | Sin cojera en flexión | | p |
|-------------------|----------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|----------|
| | | Sin lesión | Con lesión | Sin lesión | Con lesión | |
| RX CD | 45 | 5 (11,1%) | 3 (6,7%) | 30 (66,7%) | 7 (15,6%) | 0,349 * |
| RX TMT | 45 | 4 (8,9%) | 4 (8,9%) | 22 (48,9%) | 15 (33,3%) | 0,704 * |
| RX CD y/o TMT | 45 | 2 (4,4%) | 6 (13,3%) | 21 (46,7%) | 16 (35,6%) | 0,135* |
| Total | | 17,8% | | 82,2% | | |

* Significación de la prueba exacta de Fisher

4.4. Asociación del ángulo tarsal y la conformación tarsal con la presencia de signos clínicos y radiológicos de esparaván

4.4.1. Ángulos dinámicos vs observación clínica de cojeras

Para estudiar esta relación se han utilizado los datos obtenidos mediante mediciones dinámicas del ángulo tarsal y la presencia de signos clínicos y radiológicos de esparaván. Nuestros resultados mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre el ángulo dinámico tarsal de las extremidades cojas y sanas, en ninguna de las tres pruebas realizadas (Tabla 4.4.1), determinando que no existe una relación significativa entre el ángulo tarsal y la aparición de cojeras mediante el test de flexión global de la extremidad posterior

Tabla 4.4.1. Asociación de ángulos tarsales con la observación clínica de cojeras.

| Tipo de cojera | Extremidad con cojera | | Extremidad sin cojera | | p |
|------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | |
| Trote en línea | 5 | 150,02 \pm 1,97 | 39 | 149,81 \pm 2,63 | 0,864 |
| Trote en círculo | 14 | 149,07 \pm 2,48 | 30 | 150,19 \pm 2,54 | 0,178 |
| En flexión | 7 | 149,66 \pm 1,68 | 34 | 149,89 \pm 2,80 | 0,836 |

* Significación de la prueba t de Student para muestras independientes

4.4.2. Ángulos dinámicos vs evaluación radiológica

En la Tabla 4.4.2 observamos que no existen diferencias significativas entre el ángulo tarsal dinámico de las extremidades sanas frente a las lesionadas para ninguna de las lesiones radiológicas articulares, determinando que no existe una relación significativa entre el ángulo tarsal y la aparición lesiones radiológicas.

Tabla 4.4.2. Asociación de ángulos tarsales con las lesiones radiológicas.

| Tipo de lesión | Extremidad con lesión | | Extremidad sin lesión | | p |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | |
| Centro-distal | 10 | 150,75 \pm 1,22 | 34 | 149,56 \pm 2,78 | 0,061 * |
| Tarso-metatarsiana | 19 | 150,15 \pm 2,46 | 25 | 149,59 \pm 2,64 | 0,476 * |
| CD y/o TMT | 22 | 150,23 \pm 2,37 | 22 | 149,44 \pm 2,71 | 0,304 * |

* Significación de la prueba t de Student para muestras independientes

En las Tablas 4.4.3 a 4.4.5 hemos estudiado si existen diferencias entre extremidades pareadas (del mismo animal) teniendo en cuenta la presencia de lesiones, sin que en ningún caso se hayan observado diferencias significativas entre los promedios, ni tampoco correlaciones significativas entre los valores.

Tabla 4.4.3. Asociación de la medición dinámica de ángulos pareados con las lesiones radiológicas centro-distales (en negrita, extremidades con lesión)

| | Extremidad | | Extrem contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|------------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 13 | 148,94 \pm 2,34 | 13 | 150,53 \pm 3,21 | 0,070 | $r^2=0,246$ (0,085) |
| Lesión unilateral | 4 | 150,25 \pm 1,34 | 4 | 148,33 \pm 3,43 | 0,322 | $r^2=0,112$ (0,666) |
| Lesión bilateral | 3 | 150,38 \pm 0,66 | 3 | 150,56 \pm 1,06 | 0,860 | $r^2=(-)0,461$ (0,525) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.4.4. Asociación de la medición dinámica de ángulos pareados con las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas (en negrita, extremidades con lesión)

| | Extremidad | | Extrem contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 9 | 148,40 \pm 1,91 | 9 | 150,49 \pm 2,83 | 0,055 | $r^2=0,122$ (0,357) |
| Lesión unilateral | 5 | 151,05 \pm 0,82 | 5 | 148,83 \pm 3,01 | 0,106 | $r^2=0,661$ (0,094) |
| Lesión bilateral | 6 | 149,17 \pm 2,15 | 6 | 150,78 \pm 3,68 | 0,167 | $r^2=0,596$ (0,072) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.4.5. Asociación de la medición dinámica de ángulos pareados con las lesiones radiológicas CD y/o TMT (en negrita, extremidades con lesión)

| | Extremidad | | Extrem contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 8 | 148,26 \pm 1,99 | 8 | 150,42 \pm 3,01 | 0,080 | $r^2=0,117$ (0,407) |
| Lesión unilateral | 4 | 150,70 \pm 1,23 | 4 | 148,69 \pm 3,44 | 0,302 | $r^2=0,122$ (0,651) |
| Lesión bilateral | 8 | 149,63 \pm 2,00 | 8 | 150,65 \pm 3,16 | 0,265 | $r^2=0,432$ (0,077) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Además de estudiar la asociación entre el ángulo tarsal dinámico por extremidades con las diferentes variables clínicas y radiológicas, también se estudió si había alguna diferencia entre animales con y sin esparaván. Para ello se calculó la media de ambos ángulos tarsales dinámicos para cada animal y se compararon los animales con esparaván (para cojeras y lesiones) frente a los animales sin esparaván (es decir, sin lesiones radiológicas ni en CD ni en TMT en ninguno de los dos corvejones) y tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

4.4.3. Asociación del ángulo tarsal y la conformación

La conformación de valgus en vista caudal correspondió a animales con un ángulo tarsal (en vista lateral) de $148,50 \pm 2,12^\circ$, inferior al normal y al total de la muestra (Tabla 4.4.6). A pesar de no observarse diferencias estadísticamente significativas, se observa una tendencia a que los animales con conformación valgus tengan un ángulo tarsal más cerrado que el resto de la muestra.

Tabla 4.4.6. Ángulos dinámicos vs conformación en vista caudal.

| Conformación | n | \bar{x} | s |
|--------------|-----------|----------------|-------------|
| Normal | 12 | 150,10° | 3,61 |
| Cerrado | 21 | 150,38° | 1,80 |
| Valgus | 11 | 148,50° | 2,12 |
| Total | 44 | 149,84° | 2,55 |

Significación según prueba de ANOVA, $p=0,126$

Los resultados determinaron que no existía diferencia significativa en las conformaciones de quebrado y remetido de corvejones en relación a sus ángulos tarsales en vista lateral (Tabla 4.4.7).

Tabla 4.4.7. Ángulos dinámicos vs conformación en vista lateral.

| | | n | \bar{x} | s |
|------------------------|-----------------|----|-----------|------|
| Ángulo Dinámico | Quebrado | 26 | 149,60° | 2,04 |
| | Remetido | 18 | 150,18° | 3,18 |

* Significación de la prueba t de Student para muestras independientes, $p=0,462$

4.4.4. Conformación vs observación clínica de cojeras

No pudimos determinar una mayor presentación de cojeras a la flexión en relación a ninguna conformación o asociación de conformaciones (Tabla 4.4.8).

Tabla 4.4.8. Prevalencias de cojera en flexión según la conformación en vistas caudal y lateral.

| | | Vista caudal | | | |
|----------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Normal | Cerrado | Valgus | Total |
| Vista lateral | Quebrado | 3/8 (37,5%) | 3/13 (23,1%) | 1/4 (25,0%) | 7/25 (28,0%) |
| | Remetido | 0/6 (0,0%) | 0/5 (0,0%) | 1/7 (14,3%) | 1/18 (5,6%) |
| | Total | 3/14 (21,4%) | 3/18 (16,7%) | 2/11 (18,2%) | 8/43 (18,6%) |

^F Significación según prueba exacta de Fisher

^{RV} Significación según prueba de Razón de Verosimilitudes

Significación según prueba de Razón de Verosimilitudes para la conformación combinada, $p=0,265$

4.4.5. Conformación vs evaluación radiológica

No pudimos asignar una mayor presentación de lesiones radiológicas en la articulación CD a ninguna conformación o asociación de conformaciones, aunque destaca que un 57% de las extremidades que eran valgus y remetidas se observó lesión radiológica CD (Tabla 4.4.9).

Tabla 4.4.9. Prevalencias de lesión radiológica centrodistal según la conformación en vistas caudal y lateral (n=46).

| | | Vista caudal | | | |
|---------------|----------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | Normal | Cerrado | Valgus | Total |
| Vista lateral | Quebrado | 2/8 (25,0%) | 3/16 (18,8%) | 1/4 (25,0%) | 6/28 (21,4%) |
| | Remetido | 0/6 (0,0%) | 0/5 (0,0%) | 4/7 (57,1%) | 4/18 (22,2%) |
| | Total | 2/14 (14,3%) | 3/21 (14,3%) | 5/11 (45,5%) | 10/46 (21,7%) |

>0,999^{RV}

0,116^{RV}

^{RV} Significación según prueba de Razón de Verosimilitudes

Significación según prueba de Razón de Verosimilitudes para la conformación combinada, p=0,085

Como en el caso anterior no pudimos asignar una mayor presentación de lesiones radiológicas en la articulación TMT a ninguna conformación o asociación de conformaciones, aunque una vez más la prevalencia de lesión fue muy superior en las extremidades valgus y remetidas, sin llegar a ser significativa (Tabla 4.4.10).

Tabla 4.4.10. Prevalencias de lesión radiológica tarsometatarsiana según la conformación en vistas caudal y lateral (n=46).

| | | Vista caudal | | | |
|---------------|----------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | Normal | Cerrado | Valgus | Total |
| Vista lateral | Quebrado | 4/8 (50,0%) | 6/16 (37,5%) | 2/4 (50,0%) | 12/28 (42,9%) |
| | Remetido | 2/6 (33,3%) | 2/5 (40,0%) | 5/7 (71,4%) | 9/18 (50,0%) |
| | Total | 6/14 (42,9%) | 8/21 (38,1%) | 7/11 (63,6%) | 21/46 (45,7%) |

0,635^{x2}

0,375^{x2}

^{x2} Significación según prueba Chi-cuadrado de Pearson

Significación según prueba de Razón de Verosimilitudes para la conformación combinada, p=0,720

Los resultados indicaron que a pesar de no existir una relación significativa entre la aparición de signos radiológicos de OA de las articulaciones distales del tarso con la conformación “valgus” tarsal para cada extremidad, sí que se apreció una tendencia a padecer OA en las extremidades con conformación de valgus, especialmente cuando la conformación lateral era remetida (Tabla 4.4.11).

Tabla 4.4.11. Prevalencias de lesiones radiológicas centrodistal y/o tarsometatarsiana según la conformación en vistas caudal y lateral (n=46).

| | | Vista caudal | | | |
|---------------|----------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | Normal | Cerrado | Valgus | Total |
| Vista lateral | Quebrado | 4/8 (50,0%) | 8/16 (50,0%) | 2/4 (50,0%) | 14/28 (50,0%) |
| | Remetido | 2/6 (33,3%) | 2/5 (40,0%) | 6/7 (85,7%) | 10/18 (55,6%) |
| | Total | 6/14 (42,9%) | 10/21 (47,6%) | 8/11 (72,7%) | 24/46 (52,2%) |

0,713^{x2}

0,283^{x2}

^{x2} Significación según prueba Chi-cuadrado de Pearson

Significación según prueba de Razón de Verosimilitudes para la conformación combinada, p=0,446

4.5. Asociación del ángulo tarsal con la protracción/retracción de la extremidad posterior

4.5.1. Evaluación de la protracción/retracción

Los resultados obtenidos permitieron observar que no hay diferencias entre las mediciones de cada lado. Las medidas en protracción entre ambas extremidades están significativamente correlacionadas, aunque esta correlación es baja (Tabla 4.5.1).

Al estudiar el rango (Tabla 4.5.2) tampoco se observan diferencias significativas entre extremidades, aunque en este caso existe una correlación significativa y moderada entre los rangos medidos para extremidades pareadas.

Tabla 4.5.1. Diferencias entre mediciones pareadas de protracción y retracción expresadas en grados.

| Extremidad | Protracción | | | Retracción | | |
|---------------|-------------|---------------------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ (CV) | Mediana [min - máx] | n | $\bar{X} \pm s$ (CV) | Mediana [min - máx] |
| Izquierda | 21 | 84,23 ± 2,33 (0,028) | 83,95 [80,80 - 90,00] | 21 | 119,05 ± 1,88 (0,016) | 119,41 [115,34 - 122,13] |
| Derecha | 22 | 84,16 ± 2,41 (0,029) | 83,59 [80,43 - 89,00] | 22 | 118,60 ± 2,60 (0,022) | 118,52 [114,22 - 123,30] |
| Total | 43 | 84,20 ± 2,34 (0,028) | 83,72 [80,43 - 90,00] | 43 | 118,82 ± 2,26 (0,019) | 119,08 [114,22 - 123,30] |
| p* | | 0,792 | | | 0,482 | |
| Correlación** | | r ² =0,189 (0,049) | | | r ² =0,184 (0,052) | |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.5.2. Diferencias entre mediciones pareadas de rango expresadas en grados.

| Extremidad | Rango | | |
|---------------|-----------|--|------------------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ (CV) | Mediana [min - máx] |
| Izquierda | 22 | 34,82 \pm 2,99 (0,086) | 34,46 [29,80 - 39,73] |
| Derecha | 21 | 34,44 \pm 3,88 (0,113) | 33,84 [27,49 - 41,63] |
| Total | 43 | 34,63 \pm 3,44 (0,099) | 34,26 [27,49 - 41,63] |
| p | | 0,482* | |
| Correlación** | | $r^2=0,545$ (<0,001) | |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

4.5.2. Protracción/retracción vs ángulos dinámicos

El ángulo dinámico medido no permite predecir las medidas cinemáticas de un animal, ya que no se observaron correlaciones significativas (Tabla 4.5.3).

Tabla 4.5.3. Correlación entre el ángulo dinámico y las medidas cinemáticas de protracción, retracción y rango.

| Correlación de Pearson | | Protracción | Retracción | Rango |
|------------------------|---|-------------|------------|--------|
| Ángulo Dinámico | r | 0,155 | 0,027 | -0,088 |
| | p | 0,327 | 0,863 | 0,580 |
| | n | 42 | 42 | 42 |

4.6. Asociación de la protracción/retracción de la extremidad posterior con la presencia de signos clínicos y radiológicos de esparaván

En este apartado se presentan las asociaciones entre los diferentes ángulos y rangos de movimiento articular de la extremidad posterior, observados por biocinemática en línea recta, frente a las características clínicas (presencia o no de cojera en línea recta y círculos a ambas manos, respuesta al test de flexión global) y radiológicas de los animales estudiados.

4.6.1. Protracción/retracción vs observación clínica de cojeras

La comparación de estos valores con los resultados de la observación de cojeras al trote en línea recta determinaron que en las parejas de extremidades sanas las mediciones de protracción, retracción y rango angular estaban significativamente correlacionadas, mientras que en parejas de extremidades una coja y otra sana se pierde esa correlación (Tablas 4.6.1 a 4.6.3).

Tabla 4.6.1. Asociación de las cojeras observadas en trote en línea con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 16 | 83,06 \pm 2,17 | 16 | 85,09 \pm 2,67 | 0,001 | $r^2=0,465$ (0,004) |
| Cojera unilateral | 5 | 84,38 \pm 0,95 | 5 | 84,49 \pm 1,82 | 0,831 | $r^2=0,757$ (0,055) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.2. Asociación de las cojeras observadas en trote en línea con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 16 | 118,06 \pm 2,46 | 16 | 119,23 \pm 1,81 | 0,047 | $r^2=0,264$ (0,042) |
| Cojera unilateral | 5 | 120,50 \pm 2,32 | 5 | 118,59 \pm 2,51 | 0,109 | $r^2=0,399$ (0,252) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.3. Asociación de las cojeras observadas en trote en línea con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|----------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 16 | 34,99 \pm 3,60 | 16 | 34,15 \pm 3,28 | 0,158 | $r^2=0,615$ (<0,001) |
| Cojera unilateral | 5 | 36,12 \pm 3,25 | 5 | 34,10 \pm 4,23 | 0,187 | $r^2=0,549$ (0,152) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Comparando las determinaciones biocinemáticas con la observación de cojeras en el trote en círculo los resultados determinan que si bien en protracción también se pierde la correlación significativa entre extremidad lesionada y la sana, no ocurre lo mismo en retracción (no hay correlación significativa ni entre extremidades sanas ni entre extremidades con cojera) y en rango (hay correlación significativa tanto entre extremidades sanas como entre extremidades con cojera) (Tablas 4.6.4 a 4.6.6).

Tabla 4.6.4. Asociación de las cojeras observadas en trote en círculo con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 8 | 84,10 \pm 2,11 | 8 | 86,08 \pm 2,26 | 0,006 | $r^2=0,618$ (0,021) |
| Cojera unilateral | 12 | 84,04 \pm 2,58 | 12 | 83,46 \pm 1,88 | 0,469 | $r^2=0,109$ (0,294) |
| Cojera bilateral | 1 | 80,81 | 1 | 82,53 | - | - |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.5. Asociación de las cojeras observadas en trote en círculo con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 8 | 118,13 \pm 3,03 | 8 | 118,58 \pm 1,56 | 0,676 | $r^2=0,095$ (0,457) |
| Cojera unilateral | 12 | 118,92 \pm 1,78 | 12 | 118,91 \pm 2,48 | 0,993 | $r^2=0,143$ (0,225) |
| Cojera bilateral | 1 | 122,44 | 1 | 122,13 | - | - |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.6. Asociación de las cojeras observadas en trote en círculo con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 8 | 34,02 \pm 4,32 | 8 | 32,51 \pm 2,40 | 0,202 | $r^2=0,530$ (0,040) |
| Cojera unilateral | 12 | 34,88 \pm 2,86 | 12 | 35,45 \pm 3,10 | 0,380 | $r^2=0,554$ (0,005) |
| Cojera bilateral | 1 | 41,63 | 1 | 39,60 | - | - |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Comparando los resultados biocinemáticos con la respuesta a la flexión se observó algo similar a lo observado al comparar con la presencia de cojera en círculo (Tablas 4.6.7 a 7.6.9).

Tabla 4.6.7. Asociación de las cojeras observadas en flexión con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 14 | 83,20 \pm 2,00 | 14 | 85,25 \pm 2,48 | 0,003 | $r^2=0,308$ (0,039) |
| Cojera unilateral | 4 | 84,34 \pm 1,96 | 4 | 84,79 \pm 2,49 | 0,490 | $r^2=0,795$ (0,109) |
| Cojera bilateral | 1 | 82,23 | 1 | 82,75 | - | - |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.8. Asociación de las cojeras observadas en flexión con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 14 | 118,66 \pm 2,53 | 14 | 119,16 \pm 1,64 | 0,460 | $r^2=0,146$ (0,178) |
| Cojera unilateral | 4 | 118,58 \pm 3,19 | 4 | 120,37 \pm 2,20 | 0,287 | $r^2=0,272$ (0,478) |
| Cojera bilateral | 1 | 116,00 | 1 | 116,00 | - | - |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.9. Asociación de las cojeras observadas en flexión con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con cojera) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin cojera | 14 | 35,46 \pm 3,10 | 14 | 33,91 \pm 3,06 | 0,022 | $r^2=0,545$ (0,003) |
| Cojera unilateral | 4 | 34,24 \pm 5,12 | 4 | 35,58 \pm 3,83 | 0,279 | $r^2=0,879$ (0,062) |
| Cojera bilateral | 1 | 33,77 | 1 | 33,25 | - | - |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

4.6.2. Protracción/retracción vs evaluación radiológica

Los resultados de la observación biocinemática también se compararon con la presencia o no de lesiones radiológicas en las filas distales del tarso.

En lo referente a la articulación CD, la comparación de estos valores determinó que en las parejas de extremidades sanas y con lesión bilateral, las mediciones de protracción no estaban significativamente correlacionadas, mientras que en parejas de extremidades una coja y otra sana (lesión unilateral) sí que existe esa correlación significativa (Tabla 4.6.10). Sin embargo, en cuanto a la retracción y el rango angular,

hubo correlación estadísticamente significativa sólo entre las extremidades de los animales sin lesión (Tablas 4.6.11 a 4.6.12).

En cuanto a la articulación TMT, la comparación de los valores biocinemáticos determinó que, para la protracción, en las parejas de extremidades sanas la correlación fue negativa, mientras que sí que estuvo significativamente correlacionada en los animales con lesión unilateral y bilateral (Tabla 4.6.13). En la retracción no se vio correlación significativa para ninguna de las tres mediciones (Tabla 4.6.14), y en el rango angular hubo correlación estadísticamente significativa entre las extremidades de los animales sanos y con lesión bilateral, pero no en los casos con lesión unilateral (Tabla 4.6.15).

Tabla 4.6.10. Asociación de lesiones radiológicas centro-distales con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 14 | 82,63 \pm 1,59 | 14 | 84,34 \pm 2,00 | 0,015 | $r^2=0,048$ (0,453) |
| Lesión unilateral | 4 | 84,22 \pm 2,94 | 4 | 84,03 \pm 1,80 | 0,769 | $r^2=0,566$ (0,021) |
| Lesión bilateral | 3 | 86,24 \pm 0,72 | 3 | 88,50 \pm 1,43 | 0,061 | $r^2=0,893$ (0,458) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.11. Asociación de las lesiones radiológicas centro-distales con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------|------------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 14 | 119,23 \pm 2,69 | 14 | 119,50 \pm 1,86 | 0,676 | $r^2=0,266$ (0,059) |
| Lesión unilateral | 4 | 117,24 \pm 1,50 | 4 | 118,57 \pm 1,88 | 0,139 | $r^2=0,508$ (0,287) |
| Lesión bilateral | 3 | 117,20 \pm 2,61 | 3 | 118,36 \pm 2,77 | 0,694 | $r^2=(-)0,125$ (0,770) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.12. Asociación de las lesiones radiológicas centro-distales con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------|------------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 14 | 36,60 \pm 3,24 | 14 | 35,16 \pm 3,23 | 0,014 | $r^2=0,684$ (<0,001) |
| Lesión unilateral | 4 | 33,02 \pm 1,52 | 4 | 34,55 \pm 1,53 | 0,196 | $r^2=0,074$ (0,728) |
| Lesión bilateral | 3 | 30,96 \pm 3,01 | 3 | 29,86 \pm 1,79 | 0,723 | $r^2=(-)0,748$ (0,335) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.13. Asociación de las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------|------------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 9 | 82,25 \pm 1,23 | 9 | 84,64 \pm 2,12 | 0,021 | $r^2=(-)0,003$ (0,880) |
| Lesión unilateral | 5 | 85,50 \pm 2,78 | 5 | 84,98 \pm 2,38 | 0,503 | $r^2=0,676$ (0,088) |
| Lesión bilateral | 7 | 83,81 \pm 2,32 | 7 | 84,81 \pm 2,68 | 0,071 | $r^2=0,797$ (0,007) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.14. Asociación de las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 9 | 118,28 \pm 2,69 | 9 | 119,40 \pm 1,80 | 0,170 | $r^2=0,319$ (0,113) |
| Lesión unilateral | 5 | 119,31 \pm 2,66 | 5 | 117,54 \pm 3,39 | 0,230 | $r^2=0,355$ (0,289) |
| Lesión bilateral | 7 | 119,24 \pm 1,92 | 7 | 119,15 \pm 1,59 | 0,919 | $r^2=0,038$ (0,676) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.15. Asociación de las lesiones radiológicas tarso-metatarsianas con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{X} \pm s$ | n | $\bar{X} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 9 | 36,03 \pm 2,97 | 9 | 34,76 \pm 2,89 | 0,113 | $r^2=0,537$ (0,025) |
| Lesión unilateral | 5 | 33,81 \pm 3,65 | 5 | 32,56 \pm 5,03 | 0,454 | $r^2=0,552$ (0,150) |
| Lesión bilateral | 7 | 35,43 \pm 3,55 | 7 | 34,34 \pm 3,47 | 0,239 | $r^2=0,643$ (0,030) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Teniendo en cuenta si hubo o no presencia de esparaván (es decir, lesiones radiológicas en CD y/o TMT), la comparación de los valores biocinemáticos determinó que, para la protracción, en las parejas de extremidades sanas la correlación fue negativa, mientras que sí que estuvo significativamente correlacionada en los animales con lesión unilateral y bilateral (Tabla 4.6.16). En la retracción no se vio correlación significativa para ninguna de las tres mediciones (Tabla 4.6.17). y en el rango angular, hubo correlación estadísticamente significativa entre las extremidades de los animales sanos y con lesión bilateral, pero no en los casos con lesión unilateral (Tabla 4.6.18).

Tabla 4.6.16. Asociación de las lesiones radiológicas en articulación centro-distal y/o tarso-metatarsiana con mediciones pareadas de protracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------|------------------------|
| | n | $\bar{x} \pm s$ | n | $\bar{x} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 8 | 82,31 ± 1,31 | 8 | 84,93 ± 2,07 | 0,024 | $r^2=(-)0,016$ (0,765) |
| Lesión unilateral | 4 | 83,88 ± 2,95 | 4 | 83,34 ± 1,92 | 0,458 | $r^2=0,899$ (0,052) |
| Lesión bilateral | 9 | 84,49 ± 2,53 | 9 | 85,29 ± 2,51 | 0,130 | $r^2=0,714$ (0,004) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.17. Asociación de las lesiones radiológicas en articulación centro-distal y/o tarso-metatarsiana con mediciones pareadas de retracción (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{x} \pm s$ | n | $\bar{x} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 8 | 118,56 ± 2,72 | 8 | 119,44 ± 1,92 | 0,308 | $r^2=0,331$ (0,136) |
| Lesión unilateral | 4 | 118,57 ± 3,46 | 4 | 119,35 ± 2,49 | 0,490 | $r^2=0,684$ (0,173) |
| Lesión bilateral | 9 | 119,21 ± 1,71 | 9 | 118,16 ± 2,41 | 0,292 | $r^2=0,012$ (0,776) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

Tabla 4.6.18. Asociación de las lesiones radiológicas en articulación centro-distal y/o tarso-metatarsiana con mediciones pareadas de rango (en negrita, extremidades con lesión) expresadas en grados

| | Extremidad 1 | | Extrem. 2 contralateral | | p | Correlación** |
|-------------------|--------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------|---------------------|
| | n | $\bar{x} \pm s$ | n | $\bar{x} \pm s$ | | |
| Sin lesión | 8 | 36,26 ± 3,09 | 8 | 34,51 ± 2,98 | 0,023 | $r^2=0,712$ (0,008) |
| Lesión unilateral | 4 | 34,69 ± 3,85 | 4 | 36,01 ± 2,88 | 0,284 | $r^2=0,736$ (0,142) |
| Lesión bilateral | 9 | 34,72 ± 3,40 | 9 | 32,88 ± 4,18 | 0,053 | $r^2=0,661$ (0,008) |

* Significación de la prueba t de Student para muestras dependientes

** Coeficiente de determinación de Pearson y significación estadística entre paréntesis

5

Discusión

La OA distal del tarso está considerada como una importante enfermedad dentro la patología musculoesquelética de los équidos, habiéndose estudiado en diferentes razas para determinar su prevalencia, caracterizarla clínica y radiológicamente así como intentar investigar los factores que predisponen a su aparición. De entre ellos se ha estudiado con mayor amplitud la repercusión de la conformación tarsal en su presentación. En el caballo PRE también se ha estudiado estos objetivos, aunque en estos trabajos no se ha incidido específicamente en la relación entre el ángulo tarsal en su vista lateral con la presentación del esparaván. Nuestro trabajo desarrolla este aspecto de relación del ángulo tarsal con las características clínicas y radiológicas de OA tarsal distal, centrándose específicamente, en animales jóvenes sin haber iniciado su etapa de entrenamiento.

El estudio del ángulo tarsal es por lo tanto uno de los aspectos claves de esta Tesis Doctoral. El protocolo utilizado para la medición del ángulo tarsal estático se basa en los estudios realizados por Magnusson y colaboradores (1985) y Holmström y colaboradores (1990), facilitado por el uso de la fotografía digital, a semejanza de Anderson y McIlwraith (2004), que permite su combinación con programas informáticos de medición. A este sistema se le achacan, entre otros, errores derivados de la falta de repetitividad del posicionamiento del caballo al cuadrarse (Hunt *et al.* 1999; Weller *et al.* 2006).

La falta de repetitividad del posicionamiento del caballo al cuadrarse no se ha podido evitar completamente en este estudio, (como en el resto de estudios 2D que calculan el ángulo en estación) por lo que los datos obtenidos solo han sido utilizados para obtener una idea aproximada del valor medio del ángulo tarsal estático de los caballos de la muestra.

Así mismo, otro error documentado en la metodología empleada para la determinación del ángulo tarsal dinámico es el relacionado con el posicionamiento de los marcadores aplicados en la piel sobre puntos estandarizados (protuberancias esqueléticas) debido a su desplazamiento con el movimiento del animal. En nuestro trabajo, se ha intentado minimizar este error ya que todos los marcadores fueron posicionados por la misma persona, por lo que la variabilidad interoperador es nula.

De todos los marcadores, el ubicado en el ligamento colateral lateral de la articulación femorotibial, al nivel de la interlinea articular es el que más dificultad podría entrañar debido a la masa muscular que existe en su entorno, tal como ocurrió con el utilizado

en biocinemática y situado sobre la articulación coxofemoral, pues que al perderse en algunos animales fue sustituido por el marcador de la tuberosidad coxal. El resto se encuentran muy bien delimitados y no deberían suponer dificultad al operador para su correcta colocación, por lo que su repetitividad debería ser máxima a nivel intraoperador e interoperador.

Weller y colaboradores (2006), que utilizan un sistema 3D de análisis de movimiento pero con el animal en estación, también achacan a las metodologías basadas en la fotografía (estáticas) errores por la distorsión de las mediciones relacionadas con la desviación en el ángulo de la cámara con el caballo, errores geométricos cuando un objeto 3D es reducido a una imagen 2D, y a la falta de precisión cuando se emplean fotografías sin trípode. En nuestro trabajo este posible error también ha estado presente en nuestra determinación estática, ya que las fotografías de los animales en estación han sido realizadas a una altura variable entre 150 y 160 cm, y a distancia variable entre 3 y 5 m. Atendiendo a los criterios detallados por Hunt y colaboradores (1999), para eliminar el efecto de la altura de la cámara y el efecto de ojo de pez, hubiera sido deseable haber mantenido las medidas que nosotros mismos hemos utilizado en el protocolo de la biocinemática, es decir, 120 cm de altura y 11 m de distancia al caballo, con utilización del zoom óptico para poder trabajar con mayor distancia focal y así evitar las posibles distorsiones mencionadas.

Como se detalló en el apartado 3.3.2.1.1. *Determinación mediante examen estático*, el cálculo se realizó sin la utilización de marcadores cutáneos siendo el operador quien manualmente marcaba la posición adecuada (punto en espacio entre 4MT, 4T y 3T) en la fotografía, tras lo cual dirigía los ejes del 3MT y de la tibia. Por lo tanto, reconocemos que este procedimiento estático *a priori* carece de la objetividad requerida, aunque no hay que olvidar que actualmente los sistemas 3D de determinación de datos morfométricos y evaluación de conformaciones (Pourcelot *et al.* 2002; Doucet 2007; Kristjansson *et al.* 2013) no utilizan marcadores cutáneos, recayendo todo el peso del posicionamiento de los puntos de referencia en el operador.

Por todo ello, en nuestra metodología, se ha incluido, además, una determinación dinámica del ángulo tarsal, al igual que han hecho otros autores para esta (Cano 1999) u otras articulaciones (Galisteo 1996). En esa determinación dinámica se ha utilizado el cálculo en media estancia y al aire “paso” por tratarse ésta de la medición utilizada en cinemática más próxima al ángulo en estación. Los cálculos utilizados tradicionalmente en biocinemática son efectuados al trote, cuando apoyan solo dos extremidades, por lo que resultan mayores flexiones tarsales y en consecuencia menores ángulos en comparación al natural en estación. Nuestros cálculos efectuados al paso, con el apoyo en tres extremidades, se aproximarían más al natural que utilizando el aire “trote”. Hay que destacar además, que actualmente los estudios morfométricos de importantes cantidades de équidos en Francia y en el caballo Islandés utilizan sistemas 3D sobre el

animal al paso (Pourcelot *et al.* 2002; Kristjansson *et al.* 2013).

Utilizando videocinemática de 25 Hz, como ha sido en este estudio, nos encontramos que en determinados casos es imposible congelar la imagen en una posición de perfecta “media-estancia”, es decir, la caña se sitúa muy ligeramente bien por delante o por detrás de la perpendicular del suelo, resultando una medición del ángulo tarsal en modo dinámico que se aleja de la real en fracciones de grado.

Aun así, nuestra muestra ha sido muy homogénea, observándose una mediana de 149,58° con valores desde 143,47° hasta 154,57°.

Pese a estas diferencias metodológicas entre ambos sistemas de medición de ángulo tarsal, al comparar nuestros resultados de las mediciones dinámicas con los obtenidos en las determinaciones estáticas, nos encontramos con valores muy parecidos: mediana de 148,55° con valores desde 143,50° hasta 153,40°, pudiéndose concluir la existencia de correlación significativa (aunque moderada) entre las mediciones realizadas de forma estática y las dinámicas para cada animal.

Por lo tanto, en el presente estudio, bien por tratarse de una población muy homogénea y de una misma raza, bien por la curva de aprendizaje realizada por el operador para analizar conformaciones de corvejones, o bien porque la totalidad de las extremidades han sido evaluadas por la misma persona (tanto la colocación de marcadores como la localización de los mismos en las imágenes), nos han conducido a que el ángulo calculado por vía de la fotografía estática se corresponda con el calculado dinámicamente (con marcadores y en movimiento), estableciéndose que por la vía tradicional de fotografía en estación con el animal cuadrado, por lo que se puede concluir que sí que es posible evaluar de una forma “razonable” el ángulo tarsal de caballos PRE, sin necesidad de recurrir a videocinemática.

Pese a ello, puesto que disponemos de 3 a 5 mediciones dinámicas por extremidad de cada animal (por método estático solo disponemos de una medición, y solamente de un único lado) en el resto de este trabajo, para efectuar comparaciones con otros parámetros, se ha empleado exclusivamente el ángulo tarsal dinámico.

Los resultados de la Tesis Doctoral de Cano (1999) ofrecen para 15 PRE antes de entrenamiento un ángulo tarsal al trote (apoya dos extremidades, mayor flexión) y medido a la media estancia de $144,0 \pm 7,4^\circ$. Así mismo para éstos mismos animales obtiene un ángulo tarsal en estación (sin movimiento) de $152,2 \pm 6,7^\circ$. Barrey y colaboradores (2002) sobre 28 PRE (de la Real Escuela Andaluza del Arte Ecuestre, Jerez de la Frontera, Cádiz) obtiene un ángulo tarsal en la estación de $150 \pm 3,92^\circ$. Estos ángulos mostrados por estos autores para el PRE son menores que los obtenidos en otras razas: Holmström y colaboradores (1990) sobre WB suecos, de 4 años obtuvieron una media de $155,4 \pm 2,6^\circ$ y el de Gnagey y colaboradores (2006) donde clasifica su población de animales mayores a 6 años de diferentes razas en las siguientes tres

categorías: pequeños < 155,5°, intermedios entre 155,5° y 165,5° y grandes >165,5°. Nuestros resultados están en línea con estas observaciones, encontrando unos valores de ángulo tarsal de $149,25 \pm 2,62^\circ$, muy próximos a los mostrados en otros estudios de nuestra raza y menores que en los de las otras razas anteriormente citadas. Esta característica de ángulo tarsal pequeño en el PRE, coincide también con lo mostrado para la raza Islandesa (Axelsson *et al.* 2001) que presenta una media de $148,7^\circ$ (rango de 139 a 159°). Esta característica, junto con una presentación también muy alta de la conformación quebrado de corvejones (Eksell *et al.* 1998) y la localización de lesiones radiológicas en el aspecto dorsolateral del tarso, hará que consideremos a la raza Islandesa como muy próxima a la nuestra en lo que respecta a los parámetros estudiados en el presente trabajo y que a lo largo de esta discusión sea especialmente interesante comparar nuestros resultados y los del PRE con esta raza.

Otro de los principales objetivos de esta Memoria ha sido caracterizar clínica y radiológicamente nuestra muestra.

En nuestro estudio, la presentación de animales con signos radiológicos compatibles con osteoartritis tarsal alcanza la cifra del 60%, (con una presentación bilateral del 40%), muy cercana a la incidencia encontrada por otros autores para otras razas: Black (2003) detalló en precompras de este colectivo (QH destinados a la disciplina *cutting* de 2 años) una prevalencia del 55%, Contino y colaboradores (2012) obteniendo un 69,4% de lesiones radiológicas en tarso 73,75% en precompras en University of California-Davis (EEUU) (Van Hoogmoed *et al.* 2003)

Sin embargo difiere mucho con respecto al 31% en 1505 potros de año y medio PSI de Nueva Zelanda por Oliver y colaboradores (2008) y de Preston y colaboradores (2010) con 27% de los 397 potros de año y medio PSI en Keeneland, Kentucky (EEUU).

Comparando nuestros resultados con lo encontrado en trabajos previos para el PRE, observamos que en el estudio de Novales y colaboradores (2000) sobre 222 PRE obtiene un 30,18% en animales de todas las edades. Nuestra incidencia es claramente mayor y tal vez no pueda relacionarse solo a la edad de nuestra muestra, ya que Hernández (2003) encuentra un 29,2% en 96 PRE menores a 3 años.

En lo que respecta a la raza Islandesa, Carlsten y colaboradores (1994) obtuvieron un 22% de animales con signos radiológicos, Eksell y colaboradores (1998) encontraron un 23%, aunque posteriormente a fin de determinar la mejor proyección radiográfica para la detección de esparaván obtuvieron sobre 98 caballos un 47% (Eksell *et al.* 1998), y finalmente Bjornsdóttir y colaboradores (2000), entre 614 animales de 6 a 12 años obtuvo un 18,4% en los de 6 años y hasta un 54,2% en los de 12 años, de los cuales un 64,52% eran lesiones bilaterales.

Sin embargo, el esfuerzo por detectar precozmente la OA de las articulaciones distales del tarso en esta raza de caballos ha conducido a nuevas prevalencias, pues en un

estudio con 38 animales de 27 a 29 meses para la validación de técnicas no invasivas (radiología y RM) en la detección precoz, se obtuvo un 42,66% (Ley *et al.* 2015).

La gran diferencia de nuestros resultados con respecto a los comentados en el PRE y en el caballo Islandés podría deberse a que nuestra muestra está constituida por animales no sometidos a ejercicio, con conformación de remetido, quebrado, cerrado y valgus, y ello podría explicar la presentación tan alta de OA en las filas distales del tarso (Björnsdóttir *et al.* 2004) que exponen que más que la sobrecarga o el trauma, es la conformación o la arquitectura articular la responsable principal de la OA en la CD.

Del mismo modo, los animales objeto de estudio se han criado en explotaciones de dimensiones reducidas, permaneciendo encuadrados y en espacios limitados una parte importante de su fase de su crecimiento. Como se ha adjudicado problemas de desarrollo articular al confinamiento excesivo de potros (Witthon *et al.* 1999; Murray 2015), podríamos pensar que este factor haya podido influir en la mayor presentación de OA, motivo que exigiría futuros estudios para conocer la posible influencia del confinamiento del potro PRE en su conformación tarsal posterior, que serían muy interesantes para la comprensión del proceso en esta raza.

Dada la gran influencia de la conformación tarsal sobre la presentación del esparaván, los animales de nuestro estudio fueron caracterizados conformacionalmente para esta región. Los resultados determinaron que no existía diferencia significativa en las conformaciones de quebrado y remetido de corvejones en relación a sus ángulos tarsales en vista lateral, siendo de 149,60° y de 150,18° respectivamente.

Un hecho que es importante resaltar es la falta de datos sobre la conformación remetido de detrás para la población de caballos Islandeses (Eksell *et al.* 1998) y en los PSI (Love *et al.* 2006). Da la impresión que en los pocos estudios publicados sobre el tema, las conformaciones de quebrado y de remetido de detrás se confunden o se tratan conjuntamente. En nuestro caso hemos hecho un esfuerzo para diferenciarlos resultando casi el doble de quebrados (60,9%) que de remetidos (39,1%), aunque ha habido animales en los que su clasificación ha estado muy ajustada (quizá por este motivo Ross (2003a) a los remetidos ligeros los engloba en la misma categoría que los quebrados). No obstante se podría entender que en una población como la de PSI y WB con ángulos tarsales con cifras superiores a los 155° sea difícil encontrar animales remetidos de detrás, aunque si quebrados (por pura lógica). De hecho Holmström (2015) considera quebrados a aquellos animales de estos morfotipos con ángulos inferiores a 154°.

Respecto a la conformación en vista caudal, contamos con un porcentaje importante de animales cerrados de corvejones (43,5%), así como de valgus tarsal (26,1%).

De Souza (2000), estudiando una población de PRE, obtiene un 28% de remetidos de detrás, y aunque no encontró asociación significativa con sus casos de OA, si la hubo

para la presentación de osteofitos en la cara dorsal del tarso. Así mismo, obtuvo un 12% de quebrados de corvejones, a los que solo pudo adjudicar una ligera tendencia a presentar lesiones en la cara dorsal de las articulaciones tarsales distales. Respecto a la conformación en vista caudal de cerrado de corvejones (a la que también llama valgus), obtuvo solamente un 12%, aunque los 4 casos de osteofitosis y 1 de OA se dieron exclusivamente en la cara lateral de las articulaciones distales del tarso. Partiendo de animales de la misma raza PRE, Hernández (2003) encuentra animales afectados con conformación de remetido y quebrado, pero no proporciona información sobre el porcentaje que estos defectos representan sobre su muestra.

A la hora de caracterizar el ángulo tarsal (vista lateral) que correspondía a cada grupo de animales según su conformación, vemos que apenas hay diferencia entre los quebrados y los remetidos de detrás, correspondiendo a $149,60 \pm 2,04^\circ$ y a $150,18 \pm 3,18^\circ$ respectivamente. En cuanto a la vista caudal, la media de los valgus ($148,50^\circ \pm 2,12^\circ$) parece que sea ligeramente menor a los cerrados y normales, aunque sin significación estadística.

En los datos discutidos anteriormente se ha tenido en cuenta la presencia o no de signos radiológicos de OA tarsal, sin tener en cuenta su localización o categoría. No obstante, en nuestro trabajo también se han estudiado todas esas variables radiológicas detectadas en las diferentes proyecciones realizadas.

Antes de discutir en detalle esos hallazgos, hemos de destacar la dificultad de obtener un posicionamiento correcto del animal a la hora de efectuar las radiografías oportunas, pues los defectos de aplomo que hemos detallado en este estudio han condicionado en buena medida la realización de las proyecciones estándar. Esto ha hecho que en un buen número de animales la pretendida angulación de 45° en las proyecciones oblicuas haya variado entre 30° y 60° . No obstante, estas angulaciones han sido utilizadas con anterioridad en diferentes estudios en sus proyecciones oblicuas (Verschooten y Schramme 1996; Bjornsdóttir *et al.* 2000) motivo por el cual pensamos que su posible influencia en la evaluación de lesiones radiológicas es escasa.

Pese a que existen bastantes métodos para categorizar las lesiones radiológicas del corvejón (Eksell *et al.* 1999; Van Hoogmoed *et al.* 2003; Byam-Cook y Singer 2009; Contino *et al.* 2012), en nuestro trabajo hemos utilizado la clasificación propuesta por Fairburn y colaboradores (2010) ya que describe con mayor detalle los diferentes tipos de lesiones radiológicas y sus amplitudes, y evita considerar los osteofitos del borde dorsoproximal del 3MT como elemento diagnóstico de OA (excepto si se presentan junto a otra alteración de las articulaciones CD y/o TMT), considerando que las categorías de esta graduación permiten con confianza predecir el resultado clínico (Boden 2011; Marr 2011) aunque reconociendo la falta de correlación entre signos radiográficos y cojeras.

Atendiendo a la localización por articulaciones en relación a los animales afectados,

hemos encontrado que la presentación de lesiones en la TMT supone el 93,3% y en la CD el 53,3% (en ambos porcentajes se incluyen animales que presentan lesión en las dos articulaciones a la vez). También respecto a animales afectados observamos una presentación bilateral en el 57,1% de las TMT, y un 37,5% en la CD.

La mayor presentación de signos radiológicos en la TMT coincide con la tendencia del estudio de Hernández (2003) que da cifras respecto a los animales afectados del 68,4%, mientras que para la CD son del 57% (ambas cifras sobre el total de animales positivos a OA). En el caso de bilaterales este autor obtiene un 50% en TMT (respecto al total de alteraciones de esa articulación) y un 29,5% en CD. En definitiva podemos observar que en el PRE la presentación de lesiones radiológicas predomina en la articulación TMT. Esta observación coincide con lo observado con otros autores en diferentes razas (Van Hoogmoed *et al.* 2003), aunque en otros estudios se obtienen datos similares entre TMT y CD (Fairburn *et al.* 2010). Con lo que sí parece estar en total oposición es con lo mostrado en el caballo Islandés en el que varios trabajos muestran mayor incidencia en la CD que en la TMT (Axelsson *et al.* 1998; Eksell *et al.* 1999; Bjornsdóttir *et al.* 2000)

En relación a la graduación radiológica de las articulaciones tarsales distales afectadas en función de las lesiones halladas en nuestro estudio (0 a 3) por extremidades, resalta la mayor presentación del grado 1, pues tanto para la TMT como para la CD es del 90,9%, mientras que el grado 2 solo se presenta en el 9,1% de la TMT y de la CD. No encontramos articulaciones con lesiones que las clasifiquen con grado 3. Podemos afirmar que las lesiones radiológicas presentes en esta muestra de PRE son leves, que coinciden con lo manifestado por Hernández (2003).

Estos resultados están en línea, salvando las diferencias de frecuencia por motivo de las edades e intensidad de ejercicio, con los obtenidos por Van Hoogmoed y colaboradores (2003), pero contrastan con los obtenidos por el resto de investigadores (Axelsson *et al.* 1998; Eksell *et al.* 1999; Bjornsdóttir *et al.* 2000; Byam-Cook y Singer 2009; Fairburn *et al.* 2012) donde la CD es la más gravemente afectada y con mayor graduaciones.

El hecho de hallar graduaciones tan bajas en nuestro estudio, en relación con las publicadas previamente, lo adjudicamos a las características tan específicas de la muestra, pues se estudian animales jóvenes y sin sometimiento a ejercicio demandante.

Sería muy deseable hacer un seguimiento de los animales positivos a fin de comprobar la evolución de las lesiones articulares, en especial observar si las articulaciones con graduación 1 continúan estables o aumentan las lesiones que determinen cambio en su graduación. Así mismo, el hecho de que buena parte de la muestra de este estudio se destine a la práctica de la equitación de una manera no competitiva podría originar que al no aplicarse factores estresantes sobre las articulaciones, estas permanecieran

estables. Es decir, a su vez se debería estudiar a este tipo de animales cuando se les somete a ejercicios demandantes en periodos de tiempo mayor.

En relación a la presentación de osteofitos en el borde dorsoproximal del 3MT, se aprecian en un 54% de extremidades del estudio, superior a la cifra dada por Hernández (2003) sobre 250 caballos PRE, que se presentan en un 9,6% de las extremidades, y en un 42,48% respecto a las extremidades con OA (48/113).

No obstante hay que considerar que solo el 22% está relacionado con procesos degenerativos, considerándose el otro 32% de osteofitos de nuestro estudio como procesos aislados e independientes de la OA. Siguiendo el razonamiento de De Souza (2000) y de Hernández (2003), podríamos considerar este último porcentaje como resultado de la influencia de los defectos de aplomos de quebrado y remetido de detrás, pues el total de nuestra muestra está compuesto por animales con éstas conformaciones.

Con relación a la localización de las lesiones radiológicas presentes en el actual estudio, se ha determinado que en las extremidades afectadas (un 50%), la ubicación lateral y dorsolateral ocupan el 48% de los casos, la cara dorsal el 36%, siendo solo el 16% la ubicación dorsomedial.

Esta ubicación dorsal y dorsolateral de las lesiones OA ya lo apuntaba Hernández (2003), cuando se refería a estados iniciales del proceso degenerativo en el PRE, y De Souza (2000) sobre los caballos PRE cerrados de corvejones. También Denoix (1997) lo comenta a la hora de aplicar herrajes terapéuticos.

Estos porcentajes, opuestos a la tradicional visión de que el esparaván óseo es una patología tarsiana eminentemente medial (Hartung *et al.* 1983; Laverty *et al.* 1991; Barneveld y VanWeeren 1999), se han de considerar teniendo en cuenta la muestra de población utilizada: PRE de 3 a 4 años, recién desbravados o a lo sumo menos de 12 meses de entrenamiento básico de doma o enganche, y con un ángulo tarsal pequeño, ($149,25 \pm 2,62^\circ$). Solo la población de caballos Islandeses reúne semejanzas con la Española, y es aquí también donde se presenta una ubicación inicial de lesiones radiológicas en la zona dorsolateral del tarso, confirmadas por gammagrafía (Eksell *et al.* 1999; Eksell 2000).

No obstante, Ross (2012) ya apunta que las lesiones iniciales en los PSI de carreras, si se dan, aparecen en forma de leves osteofitos periarticulares en la cara dorsolateral de las articulaciones tarsales distales (Gough y Munroe en 1998 los consideraban significativos), evidenciadas mediante proyección dorsomedial-plantarolateral oblicua, aunque Bohanon (1997) lo mantiene para el aspecto lateral del CT en proyecciones dorsoplantar.

La importancia clínica de las cifras obtenidas en nuestro estudio nos sitúa en la necesidad de mostrar especial atención al aspecto dorsolateral del tarso en la

proyección dorsomedial-plantarolateral oblicua (o bien plantarolateral-dorsomedial oblicua) a la hora de evaluar radiografías de PRE jóvenes.

Además de la valoración radiográfica, se efectuó una caracterización clínica de los animales de nuestro estudio. Respecto a nuestros resultados sobre la palpación de la cara medial del tarso distal, el 74% de extremidades no presentaban signos, el 24% solo una muy ligera distensión del tejido periarticular, no observándose en ningún caso proliferación ni de tejido óseo ni de fibroso, lo cual correspondería con la edad de los animales de la muestra y el hecho de que no estaban sometidos a ejercicios demandantes. Hernández (2003) en 76 caballos PRE de todas las edades y con signos radiológicos de OA, encuentra 5 animales (6,57%) animales con deformación dorsomedial evidente de las filas distales del tarso. La mayor incidencia de estas observaciones en ese estudio es lógica, teniendo en cuenta que incluye animales de mayor edad y con signos radiológicos avanzados.

Inciendo en el aspecto clínico del esparaván en nuestra muestra, hemos de destacar que en este estudio la apreciación de cojera no ha ido acompañada de anestias diagnósticas que las localizara en el tarso, a semejanza de lo realizado por otros autores (Carlsten y Eksell 1994; Axelson *et al.* 1998; Bjornsdóttir *et al.* 2000; Axelson *et al.* 2001). Es decir, se ha asumido que tras la exploración física y el examen de la locomoción, con confirmación del test de flexión global, estas cojeras tenían un origen tarsal. La edad de los animales y el hecho de que los propietarios considerasen que sus animales estaban sanos desaconsejaron la aplicación del protocolo de anestias correspondiente. Los resultados mostraron que no hubo ningún animal cojo sin signos radiológicos en las articulaciones distales del tarso, lo cual viene a reforzar la decisión de no haber realizado anestias diagnósticas.

En la caracterización clínica de este trabajo no se ha podido recurrir a métodos objetivos de detección de cojeras (como los basados en acelerómetros) y se recurrido a una valoración visual, asumiendo los inconvenientes de todos los sistemas de clasificación de cojeras basados en la observación subjetiva del operador. De todos ellos se ha utilizado ha utilizado la graduación de cojeras adoptada por la AAEP con el fin de poder contrastar los datos obtenidos con otros estudios publicados.

El hecho de que la evaluación de cojeras ha sido realizada por la misma persona (el doctorando), permite mantener una aceptable repetitividad (Fuller *et al.* 2006). Teniendo en cuenta que la concordancia en la evaluación de cojeras y su asignación a un grado de una escala tanto numérica como verbal entre 16 expertos clínicos alcanza escasamente el 56 y el 60% respectivamente, especialmente en casos que afectan la extremidad posterior (Hewetson *et al.* 2006), se puede entender que los resultados ofrecidos representen cierta variabilidad.

Los resultados indican un porcentaje de animales con cojera al trote en línea recta del 20%, mayor a la obtenida en los estudios sobre caballos Islandeses de Carlsten (1994=

con el 11%, de Axelsson (1998) del 11,35%, y Bjornsdottir (2000) del 6,7%.

Queda patente la dilatada diferencia en la observación de cojeras entre el trote en línea (20,0%) y en círculo (56,0%), pues la diferente distribución de fuerzas verticales entre las extremidades situadas en el interior versus el exterior del círculo facilita su detección especialmente en casos muy ligeros (Pfau *et al.* 2012) y en casos de cojeras bilaterales. Si bien en círculo la cojera hace que el animal se incline hacia el interior perdiendo la perpendicularidad respecto al suelo, y por tanto, dificultando la percepción de asimetrías en la pelvis, los cambios en el ritmo pueden facilitar la detección de la extremidad coja (Dyson 2012b). También hay que tener en cuenta la dificultad y la falta de concordancia entre observadores cuando se evalúan cojeras en círculo (Hammarberg *et al.* 2015).

Si consideramos como baremo el test de flexión global de la extremidad posterior, (prueba más frecuentemente utilizada en la bibliografía sobre este tipo de patologías) nuestra cifra es del 27,2% de animales positivos (4,5% bilateral y 22,7% unilateral), algo superior a los datos ofrecidos por Van Hoogmoed y colaboradores (2003) sobre animales en precompras, de 8 años de media, son de 19,37%, pero más cercano con respecto a los datos ofrecidos sobre el caballo Islandés por Carlsten y colaboradores (1994) que obtiene un 27% de cojeras tras el test de flexión, al igual que Axelsson y colaboradores (1998) que obtiene un 24,82%, e incluso inferior a Bjornsdottir y colaboradores (2000) que haya un 32,4% en esa misma raza.

Sin embargo, nuestro resultados están muy alejados de los datos ofrecidos por Jönsson y colaboradores (2014) sobre 8238 WB suecos de 4 a 5 años utilizados (y evaluados) en competiciones de salto, doma y concurso completo resultan un 1,8%, mediante la utilización de la palpación y el examen de locomoción (incluido el test de flexión global). Esta diferencia puede ser debida no sólo al hecho de que la población estudiada está sesgada por tratarse de animales que ya compiten (lo cual implica haber pasado un proceso selectivo previo), sino que probablemente influirán también otras circunstancias, como un ángulo tarsal más abierto que en el PRE e Islandés y, también, muy probablemente, por el hecho de que en estas razas se está desarrollando una importante labor de selección (que entre otros aspectos incluye la conformación y presencia de lesiones).

Nuestros resultados al test de flexión no pueden ser fácilmente comparados con otros estudios previos en el PRE ya que esos trabajos se centran especialmente en la valoración radiográfica y no aportan datos concretos sobre la respuesta a esta prueba.

Tampoco nuestra cifra puede considerarse en términos definitivos dada la falta de correlación absoluta entre el test de flexión global de la extremidad posterior con la patología de OA tarsiana, la existencia de falsos positivos en casos de ligeros movimientos asimétricos, así como por la variabilidad intra-individual (Starke *et al.* 2012); el hecho de que la prueba de flexión global fue realizada por diferentes

ayudantes, por lo tanto, aplicando diferentes fuerzas verticales tanto intra-individuo como inter-individuo puede haber influido en la percepción del movimiento asimétrico posterior a la flexión, y en definitiva, al porcentaje de animales considerados positivos (Keg *et al.* 1997).

La implicación clínica es tal que corresponde asumir realizar un examen de la locomoción completo y que incluya al consabido examen del trote en línea recta también el del círculo a ambas manos, independientemente que se trate de animales jóvenes y aparentemente sin cojera (exámenes de precompra).

Al estudiar las cojeras observadas durante las distintas pruebas citadas (Tabla 4.3.12) hay que destacar que la proporción de extremidades en las que se observaba la cojera en más de una prueba (definido en la tabla como pruebas concordantes con cojera) era bastante baja (siempre inferior al 5%), y que en la mayoría de los casos sólo manifestaban la cojera durante sólo uno de los procedimientos realizados (definido en la tabla como pruebas discordantes).

La discordancia planteada por la observación de cojeras entre los diferentes procedimientos puede ser originada por el hecho de tratarse de cojeras de muy baja graduación (la mínima), intermitentes y con baja consistencia. En el mismo sentido y reforzando esta opinión, también puede estar originada por el bajo grado de lesión que afectan a las articulaciones distales tarsales en el PRE de 3 años.

Con relación al grado de intensidad de las cojeras observadas, el resultado se acomoda al esperado por el grupo de población estudiado (animales de 3 años recién incorporados a la doma básica): excepto las tres extremidades con grado 2 al trote en círculo, la graduación en aquellas extremidades que presentaban signos de cojera se enmarca en el mínimo grado (1) en el 100%, 81,25% y 50% en línea, círculo y flexión respectivamente, y en solo dos ocasiones (50% restante) se calificaron como 2 tras el test de flexión global de la extremidad.

Estos resultados lógicamente son inferiores a los obtenidos por Hernández (2003) sobre PRE de todas las edades en Andalucía, con valores del 41,7% para el grado 1.

Sin embargo están en línea con los resultados obtenidos por Bjornsdóttir (2000) (que estudia caballos Islandeses de entre 6 y 12 años) donde la cojera era ligera en el 88,6% de extremidades y moderada a severa en el restante 11,4%.

En nuestro estudio no existe diferencia significativa entre cojeras de la extremidad izquierda y derecha, tal como apunta Bjornsdóttir (2000) (no había diferencias respecto a signos radiológicos y al test de flexión, pero si a la palpación tarsal medial en la extremidad derecha), aunque Axelsson y colaboradores (1998) obtuvo diferencias significativas con la extremidad derecha incrementada, tanto con hallazgos a la palpación como cojeras tras la flexión.

Asociando nuestros resultados en la valoración clínica y radiológica observamos que,

que el 40,9% de los animales no presentaba ni signos radiológicos de OA ni cojera, el 27,3% presentaba signos radiológicos con cojera y el 31,8% signos radiológicos solamente.

Esta tradicionalmente aceptada la divergencia entre la apreciación visual de las cojeras por esparaván y los hallazgos radiológicos en los mismos animales, o lo mismo, la falta de correlación entre lesiones radiológicas y la visualización de cojeras (Driesang y Böhm 1993).

La distribución de nuestros resultados presenta una tendencia similar a lo expuesto por Bjornsdottir y colaboradores (2000), pues el 53,7% no presentaba ningún tipo de hallazgo, el 16,4% presentaba signos radiológicos y cojeras, el 13,8% signos radiológicos sin cojeras y el 16,0% cojeras sin signos radiológicos.

Resulta impactante la información proporcionada por Van Hoogmoed y colaboradores (2003) sobre animales en precompras con 8 años de media, donde obtiene sólo un 21% de animales sin cojera ni signos radiográficos, un 6% de cojeras sin signos radiográficos, un 14% de cojeras con signos radiográficos y un 59% de animales con signos radiográficos solamente.

Con relación a los resultados de Novales y colaboradores (2000) sobre 222 PRE, obtiene 67 animales con signos radiográficos (30,18%). De ellos, (9/67) el 13,43% presenta cojera.

Sin embargo los resultados de Hernández (2003) son más próximos a los de nuestro estudio: de 250 animales PRE obtiene 76 con signos radiográficos (30,4%). De ellos, (24/76) el 31,58% presenta cojera.

No se pudo asociar una mayor presentación de cojeras a la flexión a ningún tipo de conformaciones, ni a combinación entre ellas.

Tampoco se pudo asociar una mayor presentación de lesiones radiológicas en cualquier articulación a ningún tipo de conformación, ni a combinación entre ellas. Sin embargo, se apreció una tendencia para con la conformación caudal de valgus, especialmente cuando además la conformación lateral era de remetido. A pesar de no observarse diferencias estadísticamente significativas, la significación morfológica de estos resultados haría recomendable una ampliación del estudio para confirmar o descartar esta posible tendencia.

No obstante, como la totalidad de nuestra muestra era remetida o quebrada, correspondería realizar este mismo estudio en una población de PRE que presentase animales con conformación a la vista lateral y caudal de normal, para de esta forma poder enfrentar los datos actuales recogidos contra una muestra de animales normales.

En nuestra muestra no hemos encontrado una asociación significativa entre el ángulo tarsal de la extremidad y la observación de cojeras, tanto al trote en línea, en círculo

como en flexión, por lo que no podemos afirmar que a menor ángulo haya mayor posibilidad de sufrir cojera por esparaván.

Axelsson y colaboradores (2001) obtiene una media de 148,7° (139 - 159°) en los cojos frente a 149,2° (140 - 156°) para los no cojos, sin que pueda establecer una relación estadísticamente significativa.

En este mismo trabajo sí que establecen una asociación significativa ($p < 0,02$) entre la presentación de signos radiológicos de OA en el tarso distal y el ángulo tarsal, aunque la diferencia entre los animales positivos (media 148,5° y rango 139 - 159°) y los negativos (media 149,3° y rango 140 - 156°) sea de 0,8°. Este estudio se realizó con caballos Islandeses midiendo los ángulos tarsales mediante goniómetro, en estación. Además, su edad era de 6 a 12 años, con animales que ya habían entrado en la competición (un tercio de su muestra).

En nuestro estudio no hemos conseguido demostrar una relación significativa entre el ángulo tarsal y la presentación de lesiones radiológicas en la articulación CD, TMT o en ambas, tanto si distinguimos las lesiones unilaterales como en los casos bilaterales, y tanto en extremidades independientes como en las pareadas. Esto es especialmente relevante en el caso de comparación entre una extremidad lesionada y su contralateral no lesionada donde no encontramos dichas diferencias, lo que podría deberse al escaso tamaño de muestra.

Al igual que hemos comentado con la conformación, la totalidad de nuestra muestra se presenta ángulos tarsales pequeños, todos menores a 155,5°, motivo por el cual estadísticamente ha sido difícil obtener una diferencia significativa, requiriéndose por lo tanto o mayor cantidad de animales para realizar el análisis o incluir en el estudio animales con mayores ángulos tarsales.

La última parte de nuestro estudio se ha centrado en intentar encontrar asociaciones entre las diferentes variables clínicas y radiológicas del esparaván con la protracción y retracción de la extremidad posterior, determinadas por videocinemática en 2D. Además la videocinemática se incorporó a este estudio como un mecanismo de autocontrol de los resultados sobre cojeras de los diferentes casos del estudio, pues se preveía que los animales presentados como sanos apenas mostrarían cojeras evidentes.

Si bien inicialmente pensábamos determinar la longitud de protracción como parámetro que evaluase un grado muy incipiente de cojera (Kramer *et al.* 2000) fuera del alcance de la observación del doctorando, el criterio tuvo que ser cambiado tras el estudio comparativo (Miró *et al.* 2009) sobre resultados videocinemáticos en 2D y 3D, dirigiéndonos hacia valores angulares de protracción y retracción, así como su rango.

En nuestro estudio hemos valorado el ángulo mínimo de protracción y máximo de retracción de la extremidad posterior utilizando el punto de intersección angular en

una localización diferente al marcador de la articulación coxofemoral, pues lo hemos sustituido por el marcador localizado en la tuberosidad coxal. El motivo ha sido sencillamente la pérdida de este marcador en varios de los animales grabados (además de la gran variabilidad que mostró) lo que ha originado resultados diferentes en los ángulos detallados en estudios previos.

Cano en su Tesis Doctoral (1999) publica un ángulo mínimo de protracción de $71,7 \pm 1,7^\circ$, un ángulo máximo de retracción de $114,2 \pm 2,6^\circ$, y un rango de movimiento de $42,6 \pm 2,7^\circ$. Estos resultados no pueden ser comparados exactamente con los resultados de nuestro trabajo (ángulo mínimo de protracción de $84,20 \pm 2,34^\circ$; ángulo máximo de retracción de $118,82 \pm 2,26^\circ$; rango de $34,63 \pm 3,44^\circ$) ya que ella sí que coloca el marcador a la altura de la articulación coxofemoral.

No obstante, como el motivo del estudio no era zoométrico y que a todos los animales de la muestra les afecta por igual, pensábamos que seguiría siendo útil para el objetivo de observar diferencias entre animales.

Los resultados obtenidos han sido ciertamente paradójicos, no pudiendo comprobarse las lógicas diferencias entre miembros cojos y sanos, que era su objetivo.

Entre los factores que han determinado la nula aplicabilidad del examen de protracción y retracción de la extremidad posterior en nuestro estudio de 2D destaca la diferente velocidad con que los caballos eran conducidos al trote, factor muy influyente y que no puede ser controlado en pruebas de campo (Galisteo *et al.* 1998), así como la asimetría y lateralidad con que los animales se mueven de forma natural. Es preciso comentar que el proceso de calibración del sistema ha sido en ocasiones deficiente, y que no es posible controlar el movimiento de los animales en función de sus “querencias” (alejarse o acercarse a la cuadra, presencia de coches u objetos atípicos, etc). Todo ello ha determinado que las condiciones ambientales donde se han realizado las grabaciones no sean las adecuadas para este objetivo.

Actualmente los sistemas de estudio locomotor basados en acelerómetros o sensores de inercia permiten sobradamente y con exactitud realizar los cálculos necesarios para la evaluación de estas ligeras diferencias de movimiento, tanto entre extremidades pareadas donde la cojera es unilateral como en las bilaterales, así como en cojeras intermitentes. Además son independientes de los factores ambientales (lumínicos) y permiten capturar datos del movimiento en gran cantidad de trancos.

Éste podría considerarse uno de los aspectos limitantes más importantes de nuestro trabajo junto con una cantidad de animales estudiados no demasiado elevada. Esto último está relacionado con el hecho de que la población general de PRE en la provincia de Castellón se ha ido incrementando paulatinamente durante la última década a raíz de la bonanza económica que experimentó, aunque no obstante la población de yeguas asociadas a los ganaderos tradicionales se mantuvo bastante

estable. Es decir, se incrementó el número de animales propiedad de aficionados y jinetes, (no destinados a la reproducción) comprados en todo el territorio nacional, y a la vez disminuyó el tiempo en que los productos se mantenían en las ganaderías a la espera de su venta, en un régimen de semi-libertad que permitía un crecimiento equilibrado y un desarrollo psicológico adecuado. Este hecho tiene su reflejo en las estadísticas que el Libro Genealógico del PRE ofrece sobre la provincia de Castellón. Debido a la Ley de Protección de Datos que afecta a todo Registro en nuestro país ha sido muy difícil localizar a muchos de los propietarios de los animales objeto de estudio (no ha ocurrido lo mismo con los titulares de explotaciones ganaderas tradicionales), y dado el minifundismo característico de la provincia junto a una orografía montañosa, han determinado importantes deficiencias en las instalaciones, factores ambos que han impedido la realización del estudio en algunas ganaderías (hay que considerar que un porcentaje elevado de ellas están constituidas solo por varias yeguas). Tampoco se aceptó el desplazar a los animales objeto de estudio a otros centros con buenas instalaciones.

En definitiva podemos decir que en la muestra estudiada de PRE de 3 años sin comenzar el entrenamiento, encontramos unos ángulos tarsales pequeños y malas conformaciones tarsales, así como una alta incidencia de signos radiológicos de OA distal del tarso, estando mayoritariamente localizados en la articulación TMT y en la aspecto dorsolateral del tarso. Estas lesiones fueron mayoritariamente de grado radiológico muy ligero y por lo general los animales presentaron cojeras de leve intensidad. Nuestros datos, sin embargo, no permitieron establecer ninguna asociación entre el ángulo tarsal y las características clínicas o radiológicas del esparaván.

6

Conclusiones

En base a las condiciones de nuestro estudio y en función de los resultados obtenidos, se han podido establecer las siguientes conclusiones:

PRIMERA: Se confirma que el ángulo tarsal de los potros Pura Raza Española de 3 años de edad es inferior al descrito en otras razas, independientemente de si la medición se realiza en estación o en movimiento.

SEGUNDA: A pesar de la edad y no haber iniciado el entrenamiento, la incidencia de esparaván ha resultado muy elevada, presentándose mayoritariamente de forma bilateral.

TERCERA: En general los animales estudiados mostraron una deficiente conformación tarsal, con lesiones radiológicas principalmente localizadas a nivel de la articulación tarsometatarsiana y en el aspecto dorsolateral del corvejón. Sin embargo los hallazgos radiológicos fueron de grado ligero y las cojeras diagnosticadas, leves.

CUARTA: En ejemplares PRE jóvenes no se ha podido asociar el ángulo y la conformación tarsal con la presencia de esparaván, ni clínica ni radiológicamente; lo que no descarta que con la edad y el ejercicio pudiera aparecer esta asociación.

QUINTA: Los ángulos de protracción y retracción medidos con videocinemática en dos dimensiones no han podido relacionarse ni con el ángulo tarsal, ni con la presencia de signos clínicos ni radiológicos de esparaván.

SEXTA: La videocinemática en dos dimensiones aplicada en condiciones de campo tiene una utilidad muy limitada para caracterizar ciertos aspectos de la locomoción del caballo.

- Adams OR (1974). En: Adams OR (ed). *Lameness in horses* (3rd ed). Lea & Febiger, Philadelphia, USA. pp 334-336
- Anderson TM, McIlwraith CW, Douay P (2004b). The role of conformation in musculoskeletal problems in the racing Thoroughbred. *Equine Vet. J.* 36, 571-575
- Anderson TM, McIlwraith CW (2004a). Longitudinal development of equine conformation from weanling to age 3 years in the Thoroughbred. *Equine Vet. J.* 36, 7, 563-570
- AAEP (1999). *Guide to Veterinary Services for Horse Shows* (7th ed). Am. Ass. Equine Practnrs., Lexington.
- Aparicio JB, del Castillo J, Herrera M (1986). *Características estructurales del caballo español*. C.S.I.C.
- Arkell M, Archer RM, Guitian FJ, May SA (2006). Evidence of bias affecting the interpretation of the results of local anaesthetic nerve blocks when assessing lameness in horses. *Vet. Rec.* 159, 346-349
- Armentrout A, Beard, WL, Lillich JD (2012). Comparative study of proximal hind limb flexion in horses: five versus 60 seconds. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 58, 530
- Arnason T, Björnsdóttir S (2003). Heritability of age-at-onset of bone spavin in Icelandic horses estimated by survival analysis. *Livestock Prod. Sci.* 79, 2, 285-293
- Arnason T (1984). Genetic studies on conformation and performance of Icelandic toelter horses. I. Estimation of non-genetic effects and genetic parameters. *Acta Agric.Scand.* 34, 409-427
- Audigié F, Pourcelot P, Degueurce C, Denox JM, Geiger D, Bortolussi C (1998). Asymmetry in placement of bilateral skin markers and effects of asymmetric skin markers placement on kinematic variables. *Am. J. Vet. Res.* 59, 938-944
- Audigié F, Pourcelot P, Degueurce C, Geiger D, Denoix JM (2001). Kinematic analysis of the symmetry of limb movements in lame trotting horses. *Equine Vet. J.* 33, 128-134
- Axelsson M, Björnsdóttir S, Eksell P, Häggström J, Sigurdsson H, Carlsten J (2001). Risk factors associated with hindlimb lameness and degenerative joint disease in the distal tarsus of Icelandic horses. *Equine Vet. J.* 33, 84-90
- Axelsson M, Eksell P, Roneus B, Broström H (1998). Relationship between hind limb lameness and radiographic signs of bone spavin in icelandic horses in Sweden. *Acta Vet. Scand.* 39, 349-357
- Axelsson MS, Broström, HU, Roneus BO, Carlst CJ, Eksell P (1976). Epidemiology of bone spavin in the swedish population of icelandic horses. *ECVS Abstracts.* 272
- Back W, Schambardt HC, Savelberg HCM, Van Den Bogert AJ, Bruin G, Hartman W, Barneveld A (1995). How the horse moves 2: Significance of graphical representations of equine hind limb kinematics. *Equine Vet. J.* 27, 39-45

- Back W, Schamhardt HC, Barneveld A (1996). The influence of conformation on fore and hind limb kinematics of the trotting Dutch Warmblood horse. *Pferdeheilkunde*. 12, 647-650
- Badoux DM (1987). Some biomechanical aspects of the structure of the equine tarsus. *Anat. Anz.* 164, 53-61
- Barneveld A, Van Weeren PR (1999). Early changes in the distal intertarsal joint of Dutch Warmblood foals and the influence of exercise on bone density in the third tarsal bone. *Equine Vet. J.* 31, 67-73
- Barneveld A (1983). *Spavin in the Horse*. Thesis Univ Utrecht.
- Barrey E, Desliens F, Poirel D, Biau S, Lemaire S, Rivero JLL, Langlois B (2002). Early evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Vet. J.* S34, 319-324
- Barrey E, Hermelin M, Vaudelin JL, Poirel D, Valette JP (1994). Utilisation of an accelerometric device in equine gait analysis. *Equine Vet. J.* S17, 7-12
- Bassage LF, Ross MW (2003). Diagnostic analgesia. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St Louis, MO. USA. pp 93-124
- Baxter GM, Dechant JE, Southwood LL (2003a). Diagnosis of distal tarsal osteoarthritis in horses. *Comp. Con. Edu. Pract.* 25, 2, 138-147
- Baxter GM, Dechant JE, Southwood LL (2003b). Treatment of horses with distal tarsal osteoarthritis. *Comp. Con. Edu. Pract.* 25, 2, 148-156
- Beeman GM (1973). Correlation of defects in conformation to pathology in the horse. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 19, 177-198
- Bell B, Baker G, Foreman J, Abbott L (1993). In vivo investigation of communication between the distal intertarsal and tarsometatarsal joints in horses and ponies. *Vet. Surg.* 22, 289-292
- Belloy E, Bathe AP (1996). The importance of standardising the evaluation of conformation in the horse. *Equine Vet. J.* 28, 429-430
- Biggi M, Zani DD, De Zani D, Di Giancamillo M (2012). Magnetic resonance imaging findings of bone marrow lesions in the equine distal tarsus. *Equine Vet. Educ.* 24, 5, 236-241
- Björnsdóttir S, Arnason T, Axelsson M, Eksell P, Sigurðsson H, Carlsten J (2000). The heritability of degenerative joint disease in the distal tarsal joints in Icelandic horses. *Livestock Prod. Sci.* 63, 77-83
- Björnsdóttir S, Arnason T, Lord, P (2003). Culling rate of Icelandic horses due to bone spavin. *Acta Vet. Scand.* 44, 161-169
- Björnsdóttir S, Axelsson M, Eksell P, Sigurdsson H, Carlsten J (2000). Radiographic and clinical survey of degenerative joint disease in the distal tarsal joints in Icelandic horses. *Equine Vet. J.* 32, 268-272
- Björnsdóttir S, Ekman S, Eksell P, Lord, P (2004). High detail radiography and histology of the centrodistal tarsal joint of Icelandic horses age 6 months to 6 years. *Equine Vet. J.* 36, 1, 5-11
- Black JB (1991). Hindlimb lameness of the western working stock horse. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 393-404
- Black JB (1999). Purchase examination of the western show and performance horse. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 45, 1-3

- Black JB (2003). The western performance horse: the cutting horse. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St Louis, MO. USA. pp 1017-1021
- Blaik, MA, Hanson, RR, Kincaid SA, Hathcock JT, Hudson JA, Baird DK (2000). Low-field magnetic resonance imaging of the equine tarsus. Normal anatomy. *Vet. Radiol. Ultrasound*. 41, 2, 131-141
- Boden L (2011). Clinical studies utilising ordinal data: Pitfalls in the analysis and interpretation of clinical grading systems. *Equine Vet. J.* 43, 383-387
- Bohanon TC (1994). Contrast arthrography of the distal intertarsal and tarsometatarsal joints in horses with bone spavin. *Vet. Surg.* 396
- Bohanon TC (1997). Pain associated with the distal tarsal joints of the hock. En: Robinson NE (ed). *Current therapy in equine medicine* (4th ed). W.B. Saunders Co, Philadelphia. USA. pp 88-93
- Boswell RP, Mitchell RD, Dyson SJ (2003). Lameness in the show hunter and show jumper. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St Louis, MO. USA. pp 965-975
- Branch MV, Murray RC, Dyson SJ, Goodship AE (2007). Magnetic resonance imaging of the equine tarsus. *Clin. Techn. Eq. Practice*. 6, 96-102
- Branch MV, Murray RC, Dyson SJ (2005). Is there a characteristic distal tarsal subchondral bone plate thickness pattern in horses with no history of lameness? *Equine Vet. J.* 37, 450-455
- British Equine Veterinary Association (2006). *Radiation safety in equine practice*. British Equine Veterinary Association.
- Brown, MP, Valko K (1980). A technique for intra-articular injection of the equine tarsal-metatarsal joint. *Vet.Med. Sac.* 75, 265-280
- Buchner F, Kastner J, Girtler D (1993). Quantification of hindlimb lameness in the horse. *Acta Anat.* 14, 196-199
- Buchner HF, Savelberg CM, Schamhardt HC, Barneveld A (1995). Temporal stride patterns in horses with experimentally induced fore-or hindlimb lameness. *Equine Vet. J.* 18, 161-165
- Buchner HF, Savelberg CM, Schamhardt HC, Barneveld A (1996). Limb movement adaptations in horses with experimentally induced fore or hindlimb lameness. *Equine Vet. J.* 28, 63-70
- Butler JA (1993). The tarsus. En: Butler JA, Colles CM, Dyson SJ, Kold SE (eds). *Clinical radiology of the horse* (2nd ed). Blackwell Science Ltd, Oxford.UK. pp 247-284
- Byam-Cook KL, Singer ER (2009). Is there a relationship between clinical presentation, diagnostic and radiographic findings and outcome in horses with osteoarthritis of the small tarsal joints? *Equine Vet. J.* 41, 2, 118-123
- Cano MR, Miro F, Diz AM, Agüera E, Galisteo AM (2000). Influence of training on the biokinematics in trotting Andalusian horses. *Vet. Res. Commun.* 24, 477-489
- Cano MR, Miro F, Monterde JG, Diz A, Martin J, Galisteo M (2001). Changes due to age in the kinematics of trotting Andalusian foals. *Equine Vet. J.* S33, 116-121
- Cano MR, Miro F, Vivo J, Galisteo AM (1999b). Comparative biokinematic study of young and adult Andalusian horses at the trot. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 46, 91-101
- Cano MR (1999a). *Análisis biocinémático del trote en el caballo*. Tesis Universidad de Córdoba.

- Carlsten J, Eksell P (1994). Diagnostic imaging of equine bone spavin. *Vet. Radiol. Ultrasound*. 35, 4, 235
- Caron JP (2011). Osteoarthritis. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse* (2nd ed). Elsevier Saunders, St Louis, MO, USA. pp 655-668
- Church EE, Walker AM, Wilson AM, Pfau T (2009). Evaluation of discriminant analysis based on dorsoventral symmetry indices to quantify hindlimb lameness during over ground locomotion in the horse. *Equine Vet. J.* 41, 3, 304-308
- Clayton HM (1987). Cinematographic analysis of the gait of lame horses IV: degenerative joint disease of the distal intertarsal joint *J. Equine Vet. Sci.* 7, 274-278
- Clayton HM (1994). Comparison of the stride kinematics of the collected, working, medium and extended trot in horses. *Equine Vet. J.* 26, 3, 230-234
- Colon JL (2004). Radiographic technique for repository films on sales yearlings. *Clin. Tech. Equine Pract.* 3, 365-373
- Contino EK, King MR, Valdes-Martinez A, McIlwraith CW (2015). In vivo diffusion characteristics following perineural injection of the deep branch of the lateral plantar nerve with mepivacaine or iohexol in horses. *Equine Vet. J.* 47, 230-234
- Contino EK, Park RD, McIlwraith CW (2012). Prevalence of radiographic changes in yearling and 2-year-old Quarter Horses intended for cutting. *Equine Vet. J.* 44, 185-195
- Cruz A (2004). Prevention of orthopedic disease in athletic horses. En: Hinchcliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ (eds). *Equine Sport Medicine and Surgery*. Saunders, Edimburg. pp 475-485
- Dabareiner RM, Carter GK, Dyson SJ (2003). The tarsus. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St Louis, MO. USA. pp 440-449
- Dalin G, Magnusson LE, Thafvelin BC (1985). Retrospective study of hindquarter asymmetry in Standardbred Trotters and its correlation with performance. *Equine Vet. J.* 17, 292-296
- Daniel AJ, Judy CE, Rick MC, Saveraid TC, Herthel DJ (2012). Comparison of radiography, nuclear scintigraphy, and magnetic resonance imaging for detection of specific conditions of the distal tarsal bones of horses: 20 cases (2006-2010). *J. Am. Vet. Med. Ass.* 240, 9, 1109-1114
- De Souza MV (2000). Correlacion entre los defectos de aplomo y la cojera del caballo. Tesis Universidad de Córdoba.
- Denham SF (2007). *Changes in conformation and walk kinematics of suckling and weanling warmblood foals*. Thesis Ms Virginia St. Univ.
- Denoix JM (1992). *Approche sémiologique des boiteries chez le cheval: sémiologie de base, tests de mobilisation, anesthésies nerveuses. Enseignement Post Universitaire (EPU): Boiteries chez le cheval. Tests de mobilisation, anesthésies nerveuses*. Maison Alfort, Paris.
- Denoix JM (1994). Anesthésies synoviales diagnostiques de la région du jarret chez le cheval. *Prat. Vét. Eq.* 26, 4, 263-275
- Denoix JM (1997). Rebajado y herraje de las alteraciones del corvejon (correccion ortopedica). *Europ. Farriers.* 72, 13
- Dik K (1980). Bone spavin -a radiographic grading system. *Br. Vet. Radiol. Ass.* 2, 46
- Dik KJ, Gunsser I (1990). Part 2: Diseases of the hind limb. The hock joint: Osteoarthrosis. En: Dik KJ, Gunsser I (eds). *Atlas of diagnostic radiology of the horse*. Wolf Publishing, London. pp 26-35

- Dolvik NL, Gaustad G (1996). Estimation of the heritability of lameness in standardbred trotters. *Vet. Rec.* 138, 540-542
- Doucet M (2007). *Présentation et évaluation d'une méthode de mesure morphométrique en trois dimensions*. Thesis Univ. Paris-Est.
- Driesang I, Bohm D (1993). Spavin in horses -clinical, radiological and scintigraphic findings-. *Tierarztl Prax.* 21, 2. 141-148
- Dyson SJ, Romero JM (1993). An investigation of injection techniques for local analgesia of the equine distal tarsus and proximal metatarsus. *Equine Vet. J.* 25, 30-35
- Dyson SJ (1985). Intraarticular anaesthesia of the equine hock. *In Practice.* 7, 92-96
- Dyson SJ (1996). An approach to hindlimb lameness. 1. History and physical examination. *In Practice.* 458-467
- Dyson SJ (1997a). An approach to hindlimb lameness 2. Gait assesment, flexion tests and what to do next. *In Practice.* 18, 14-20
- Dyson SJ (1997b). An approach to hindlimb lameness 4: Practical aspects of local analgesia. *In Practice.* 19, 146-153
- Dyson SJ (2003). The Sport Horse. En: Dyson SJ, Pilsworth RC, Twardock AR, Martinelli MJ (eds). *Equine Scintigraphy*. EVJ Ltd., Newmarket. UK. pp 191-224
- Dyson SJ (2011a). Can lameness be graded reliably? *Equine Vet. J.* 43, 4, 379-382
- Dyson SJ (2011b). The distal tarsal region. En: Murray RC (ed). *Equine MRI* (1st ed). Wiley-Blackwell, Oxford. UK. pp 405-419
- Dyson SJ (2012a). Interpretation of local analgesia in hindlimbs: how knowledge of the pitfalls can make assessment more accurate. *Am. Ass. Equine Practnrs. Focus.* 10-15
- Dyson SJ (2012b). How to recognise hindlimb lameness: an obvious lameness to subtle gait abnormalities. *Am. Ass. Equine Practnrs. Focus.* 2-9
- Eastman TG, Bohanon TC, Beeman GM, Swanson TD (1997). Owner survey on cunean tenectomy as a treatment for bone spavin in performance horses. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 43, 121-122
- Ehrlich PJ, Dohoo IR, O'Callaghan MW (1999). Results of bone scintigraphy in racing Standardbred horses: 64 cases (1992-1994). *J. Am. Vet. Med. Ass.* 215, 982-991
- Ehrlich PJ, Seeherman HJ, O'Callaghan MW, Dohoo IR, Brimacombe M (1998). Results of bone scintigraphy in horses used for show jumping, hunting, or eventing: 141 cases (1988-1994). *J. Am. Vet. Med. Ass.* 213, 1460-1467
- Eksell P, Axelsson M, Broström H, Roneus B (1998). Prevalence and risk factors of bone spavin in Icelandic horses in Sweden. *Acta Vet. Scand.* 39, 339-348
- Eksell P, Uhlhorn H, Carlsten J (1999). Evaluation of diferent projections for radiographic detection of tarsal degenerative joint disease in Icelandic horses. *Vet. Radiol. Ultrasound.* 40, 228-232
- Eksell P (2000). *Imaging of bone spavin: a radiographic and scintigraphic study of degenerative joint disease in the distal tarsus in Icelandic horses*. Thesis Univ. Uppsala.
- Fairburn A, Dyson S, Murray R (2010). Clinical significance of osseuos spurs on the dorsoproximal aspect of the third metatarsal bone *Equine Vet. J.* 42, 591-599

- Farrow CS (2005). Tarsus. En: Farrow CS (ed). *Veterinary Diagnostic Imaging. The Horse*. Mosby Elsevier, St Louis, MO. USA. pp 280-286
- FEIF (Internat. Federat. Icelandic Horse Ass.). *Procedures for compliance with rules regarding radiographs for bone spavin*. Disponible en URL: <http://www.icelandics.org/breeding/spavin.pdf>.
- Ferrero F (2003). The european western performance horse. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St Louis, MO. USA. pp 1032-1033
- Foreman JH (2004). Veterinary aspects of competing and training three-day event and dressage horses. En: Hinchcliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ (eds). *Equine Sport Medicine and Surgery*. Saunders, Edimburg. pp 1090-1104
- Fuller CJ, Bladon BM, Driver AJ, Barr ARS (2006). The intra- and inter-assessor reliability of measurements of functional outcome by lameness scoring in horses. *Vet. J.* 171, 281-286
- Gabel AA (1979). Diagnosis, relative incidence, and probable cause of cunean tendon bursitis-tarsitis in standardbred horses. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 175, 1079-1085
- Gabel AA (1980). Lameness caused by inflammation in the distal hock. *Vet. Clin. N. Am. Large An. Pract.* 2, 101-124
- Gabel AA (1982). Prevention, diagnosis and treatment of inflammation of the distal hock. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 287-298
- Gabel AA (1983). Discussant: Bone spavin in thoroughbred racehorses. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 29, 81-92
- Galisteo AM, Cano MR, Miro F, Vivo J, Morales JL, Agüera E (1996). Angular joint parameters in the andalusian horse at walk, obtained by normal videography. *J. Equine Vet. Sci.* 16, 2, 73-77
- Galisteo AM, Cano MR, Morales JL, Vivo J, Miro F (1998). The influence of speed and hight at the withers on the kinematics of sound horses at the hand-led trot. *Vet. Res. Commun.* 22, 6, 415-424
- Galisteo AM, Cano MR, Morales JL (1997). Kinematics in horses at the trot before and after an induced forelimb supporting lameness. *Equine Vet. J.* S23, 97-101
- García López JM, Kirker-Head CA (2004). Occult subchondral osseous cyst-like lesions on the equine tarsocrural joint. *Vet. Surg.* 33, 557-564
- Gnagey L, Clayton HM, Lanovaz JL (2006). Effect of standing tarsal angle on joint kinematics and kinetics *Equine Vet. J.* 38, 7, 628-633
- Golberg SA (1917). The pathology of spavin. Thesis Univ. Cornell.
- Gough M, Munroe G (1998). Decision making in the diagnosis and management of bone spavin in horses. *In Practice.* 252-259
- Gough MR, Munroe GA, Mayhew IG (2002). Diffusion of mepivacaine between adjacent synovial structures in the horse: Part 2: tarsus and stifle. *Equine Vet. J.* 34, 1, 85-90
- Grossman JD (1959). Huesos del tarso. En: Sisson S, Grossman JD (eds). *Anatomia de los animales domesticos* (3ª ed). Salvat, Barcelona. pp 100-104
- Hammarberg M, Egenvall A, Pfau T, Rhodin M (2015). Rater agreement of visual lameness assesment in horses during lunging. *Equine Vet. J.* 10.1111/evj.12385

- Hance SR, Morehead JP (2000). Radiographing Thoroughbred yearlings for the repository. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 46, 359-361
- Hani H, Lang J, Ueltschi G (1994). The former place of execution of the Lucerne herd in Emmen (1562-1798) (1562-1798) and slaughter yard belonging to it (1562-1866): pathologico-anatomic findings in excavated animal bones. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 136, 1, 24-37
- Hanson JA, Seeherman HK, Kirker-Head CA, O'Collaghan MW (1996). The role of computed tomography in the evaluation of subcondral osseous lesions in seven horses with chronic synovitis. *Equine Vet. J.* 28, 480-488
- Hartman, W, Schamhardt HC, Lammertink JLM (1984). Bone strain in the equine metatarsus. *Abstr. XV Congr. Europ. Ass. Anatomists.*
- Hartung K, Munzer B, Keller H (1983). Radiologic evaluation of spavin in young trotters. *Vet. Radiol. Ultrasound.* 24, 153-155
- Hernández E (1996). *Valoración radiológica del tarso en el caballo*. Tesina Universidad de Córdoba.
- Hernández E (2003). *Prevalencia de las enfermedades del tarso en el caballo de Pura Raza Española: estudio radiológico*. Tesis Universidad de Córdoba.
- Hewetson M, Christley RM, Hunt ID, Voute LC (2006). Investigations of the reliability of observational gait analysis for the assessment of lameness in horses. *Vet. Rec.* 158, 852-858
- Hodson E, Clayton HM, Lanovaz JL (2001). The hindlimb in walking horses: 1. Kinematics and ground reaction forces. *Equine Vet. J.* 33, 1, 38-43
- Holmström M, Magnusson LE, Philipsson J (1990). Variation in conformation of Swedish Warmblood horses and conformational characteristics of elite sport horses. *Equine Vet. J.* 22, 186-193
- Holmström M (2015). Comunicación personal.
- Howard BA, Embertson RM, Rantanen NW, Bramlage LR (1992). Survey Radiographic findings in Thoroughbred sales yearlings. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 397-402
- Hunt WF, Thomas VG, Stiefel W (1999). Analysis of video-recorded images to determine linear and angular dimensions in the growing horse. *Equine Vet. J.* 31, 402-410
- Jackmann BR (2001). Common lameness in the cutting and reining horse. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 47, 6-11
- Jackmann BR (2004). Veterinary aspects of training Western performance horses. En: Hinchcliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ (eds). *Equine Sport Medicine and Surgery*. Saunders, Edimburg. pp 1123-1130
- Jönsson L, Egenvall A, Roepstorff L, Näsholm A, Dalin G, Philipsson J (2014). Association of health status and conformation with longevity and lifetime competition performance in young Swedish Warmblood riding horses: 8,238 cases (1983-2005). *J. Am. Vet. Med. Ass.* 244, 12, 1449-1461
- Judy CE (2013). Radiography of the carpus and hock. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 59, 372-378
- Just EM, Patan B, Licka TF (2007). Dorsolateral approach for arthrocentesis of the centrodial joint in horses. *Am. J. Vet. Res.* 68, 9, 946-962
- Kane AJ, McIlwraith CW, Park RD, Rantanen NW, Morehead JP, Bramlage LR (2003). Radiographic changes in Thoroughbred yearlings. Part 1: Prevalence at the time of the yearling sales. *Equine Vet. J.* 35, 4, 366-374

- Kawcak CE, McIlwraith CW, Norrddin RW, Park RD, James SP (2001). The role of subchondral bone in joint disease: a review. *Equine Vet. J.* 33, 120-126
- Keegan KG, Dent EV, Wilson DA, Janicek J, Kramer J, Lacarrubba A, Walsh DM, Cassells MW (2010). Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses *Equine Vet. J.* 42, 2, 92-97
- Keegan KG, Wilson DA, Kramer J, Reed SK, Yonezawa Y, Maki H, Pai PF, Lopes MA (2013). Comparison of a body-mounted inertial sensor system-based method with subjective evaluation for detection of lameness in horses. *Am. J. Vet. Res.* 74, 1, 17-24
- Keegan KG, Wilson DA, Wilson DJ (1998). Evaluation of mild lameness in horses trotting on a treadmill: agreement by clinicians and interns or residents and correlation of their assessments with kinematic gait analysis. *Am. J. Vet. Res.* 59, 1370-1377
- Keegan KG, Yonezawa Y, Pai PF, Wilson DA, Kramer, J (2004). Evaluation of a sensor-based system of motion analysis for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *Am. J. Vet. Res.* 65, 5, 665-670
- Keg, Pr, Van Weeren PR, Schamhardt HG, Barneveld A (1997). Variations in the force applied to flexion test of the distal limbs of horses. *Vet. Rec.* 141, 435-438
- Kelmer G, Keegan KG, Kramer J, Wilson DA, Pai FP, Singh, P (2005). Computer-assisted kinematic evaluation of induced compensatory movements resembling lameness in horses trotting on a treadmill. *Am. J. Vet. Res.* 66, 4, 646-655
- Kelmer G, Wilson DA, Essmen SC (2008). Computed tomography assisted repair of a central tarsal bone slab fracture in a horse. *Equine Vet. Educ.* 20, 284-287
- Khumsap S, Lanovaz JL, Clayton HM (2004a). Verification of skin-based markers for 3-dimensional kinematic analysis of the tarsal joint. *Equine Vet. J.* 36, 8, 655-658
- Khumsap S, Lanovaz JL, Clayton HM (2004b). Three dimensional kinematic analysis of horses with induced tarsal synovitis *Equine Vet. J.* 36, 8, 659-663
- Khumsap S, Lanovaz JL, Rosenstein DS, Byron C, Clayton HM (2003). Effect of induced unilateral synovitis of the distal intertarsal and tarsometatarsal joints on sagittal plane kinematics and kinetics of trotting horses. *Am. J. Vet. Res.* 64, 12, 1491-1495
- Kidd JA, Fuller C, Barr ARS (2001). Osteoarthritis in the horse. *Equine Vet. Educ.* 13, 3, 160-168
- Kneller SK, Losonsky JM (1989). Misdiagnosis in normal radiographic anatomy: nine structural configurations simulating disease entities in horses. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 195, 1272-1282
- Kobluck CN, Schnurr D, Horney FD (1989). Use of high speed cinematography and computer generated gait diagrams for the study of equine hindlimb kinematics. *Equine Vet. J.* 21, 48-58
- Koenen EPC, Van Veldhuizen AE, Brascamp EW (1995). Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Prod. Sci.* 43, 85-94
- Kramer J, Keegan KG, Kelmer G, Wilson DA (2004). Objective determination of pelvic movement during hind limb lameness by use of a signal decomposition method and pelvic height differences. *Am. J. Vet. Res.* 65, 6, 741-747
- Kramer J, Keegan KG, Wilson DA, Smith BK, Wilson DJ (2000). Kinematics of the hindlimb in trotting horses after induced lameness of the distal intertarsal and tarsometatarsal joints and intra-articular administration of anesthetic. *Am. J. Vet. Res.* 61, 9, 1031-1036

- Kraus-Hansen AE, Jann HW, Kerr DV, Fackelman GE (1992). Arthrographic analysis of communication between the tarsometatarsal and distal intertarsal joints of the horse. *Vet. Surg.* 21, 139-144
- Kristjansson T, Björnsdóttir S, Sigurdsson A, Crevier-Denoix N, Pourcelot P, Arnason T (2013). Objective quantification of conformation of the Icelandic horse based on 3-D video morphometric measurements. *Livest. Sci.* 158, 12-23
- Kristoffersen J (1981). *Investigations of aseptic hock diseases in the horse*. Thesis University of Copenhagen.
- Labens R, Innocent GT, Voute LC (2007). Reliability of a quantitative rating scale for assessment of horses with distal tarsal osteoarthritis. *Vet. Radiol. Ultrasound.* 48, 3, 204-211
- Langlois B, Froidevaux J, Lamarche L, Legault C, Legault P, Tassencourt L, Theret M (1978). Analyse des liaisons entre la morphologie et l'aptitude au galop au trot et au saut d'obstacles chez le Cheval. *Ann. Genet. Sel. Anim.* 10, 3, 443-474
- Lanovaz JL, Khumsap S, Clayton HM, Stick JA, Brown J (2002). Three dimensional kinematics of the tarsal joints at the trot. *Equine Vet. J.* 34, 308-313
- Latorre R, Arencibia A, Gil F, Rivero M, Henry RW, Ramirez G, Vazquez JM (2006). Correlation of magnetic resonance images with anatomic features of the equine tarsus. *Am. J. Vet. Res.* 67, 5, 756-761
- Laverty S, Stover SM, Bélanger D, O'Brien TR, Pool RR, Pascoe JR (1991). Radiographic, high detail radiographic, microangiographic and histological findings of the distal portion of the tarsus in weanlings, young and adult horses. *Equine Vet. J.* 23, 413-421
- Leach DH, Omrod K, Clayton HM (1984). Standardized terminology for the description and analysis of equine locomotion. *Equine Vet. J.* 16, 522-528
- Ley CJ, Björnsdóttir S, Ekman S, Boyde A, Hansson K (2015). Detection of early osteoarthritis in the centrodistal joints of Icelandic horses: Evaluation of radiography and low-field magnetic resonance imaging. *Equine Vet. J.* 10.1111/evj.12370
- Ley CJ, Ekman S, Dahlberg LE, Björnsdóttir S, Hansson K (2013). Evaluation of osteochondral sample collection guided by computed tomography and magnetic resonance imaging for early detection of osteoarthritis in centrodistal joints of young Icelandic horses. *Am. J. Vet. Res.* 74, 6, 874-887
- Lindsay WA, Taylor SD (1982). Selective intra-articular anesthesia as an aid in the diagnosis of bone spavin. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 178, 297-300
- Love S, Wyse CA, Stirk AJ, Stear MJ, Calver P, Voute LC, Mellor DJ (2006). Prevalence, heritability and significance of musculoskeletal conformational trait in Thoroughbred yearlings. *Equine Vet. J.* 38, 597-603
- Magnusson LE (1985). *Studies on the conformation and related traits of standardbred trotters in Sweden*. Thesis SLU, Skara.
- Mailhac JM, Sevestre J (1983). Affections du jarret chez le cheval de sport. *Le Point Vét.* 15,33-38
- Major M (2012). How I approach performance limiting lameness in the Western performance horse. *Am. Ass. Equine Practnrs. Focus* 44-53
- Marks D (2000). Conformation and soundness. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 46, 39-45
- Marr CM (2011). Clinical grading systems: Can we resolve the needs of clinical practice and those of clinical research? *Equine Vet. J.* 43, 377-378

- May SA, Wyn-Jones G, Peremans, KY (1986). Importance of oblique views in radiography of the equine limb. *Equine Vet. J.* 18, 7-13
- May SA, Wyn-Jones G (1987). Identification of hindleg lameness. *Equine Vet. J.* 19,3, 185-188
- May SA (1996). Radiological aspects of degenerative joint disease. *Equine Vet. Educ.* 8, 114-120
- Mccracken MJ, Kramer J, Keegan KG, Lopes M, Wilson DA, Reed SK, Lacarrubba A, Rasch M (2012). Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation *Equine Vet. J.* 44, 652-656
- McIlwraith CW (1996). General pathobiology of the joint and response to injury. En: McIlwraith CW, Trotter GM (eds). *Joint disease in the horse*. W.B. Saunders Co, Philadelphia. USA. pp 40-70
- Meagher DM, Bromberek JL, Meagher DT, Gardner IA, Puchalski SM, Stover SM (2013). Prevalence of abnormal radiographic findings in 2-year-old Thoroughbreds at in-training sales and associations with racing performance. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 242, 969-976
- Miro F, Santos R, Garrido-Castro JL, Galisteo AM, Medina-Carnicer R (2009). 2D versus 3D in the kinematic analysis of the horse at the trot. *Vet. Res. Commun.* 33, 507-513
- Morales JL, Manchado M, Cano MR, Miro F, Galisteo AM (1998). Temporal and linear kinematics in elite and riding horses at the trot. *J. Equine Vet. Sci.* 18, 835-9
- Morgan JP (1991). Tarsus. En: Morgan JP, Neves J, Baker T (eds). *Equine Radiography*. Ed: Iowa State University. USA. pp 231-249
- Moyer W, Brokken TD, Raker CW (1983). Bone spavin in thoroughbred race horses. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 81-92
- Moyer W (1988). Treatment of distal tarsitis in harness horses. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 34, 413-416
- Murray RC, Branch MV, Dyson SJ, Parkin TD, Goodship AE (2007). How does exercise intensity and type affect equine distal tarsal subchondral bone thickness? *J. Appl. Physiol.* 102, 2194-2200
- Murray RC, Branch MV, Tranquille C, Woods S (2005b). Validation of magnetic resonance imaging for measurement of equine articular cartilage and subchondral bone thickness. *Am. J. Vet. Res.* 66, 11, 1999-2005
- Murray RC, Dyson SJ, Tranquille C, Adams V (2006). Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. *Equine Vet. J.* S36, 411-416
- Murray RC, Dyson SJ, Weekes JS, Branch MV, Hladick S (2004). Nuclear scintigraphic evaluation of the distal tarsal region in normal horses *Vet. Radiol. Ultrasound.* 45, 4, 345-351
- Murray RC, Dyson SJ, Weekes JS, Short C, Branch MV (2005a). Scintigraphic evaluation of the distal tarsal region in horses with distal tarsal pain *Vet. Radiol. Ultrasound.* 46, 2, 171-178
- Murray RC, Walters JM, Snart H, Dyson SJ, Parkin TD (2010). Identification of risk factors for lameness in dressage horses. *Vet. J.* 184, 27-36
- Murray RC (2015). Comunicación personal.
- Novales M, Hernández EM, Souza, MV, Lucena R, Lopez-Rivero JL (2000). Epidemiological survey of tarsus alterations in horses. *Confer. Eq. Sport. Med. Science.* 253-258
- Novales M, Lucena R, Martin E, López R, Hernández E (1997). Dissociation entre signes radiographiques et boiterie chez le cheval. *Prat.Vét. Eq.* 29, 41-45

- O'Brien TR (1974). Radiographic interpretation of the equine tarsus. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 289-300
- Oliver LJ, Baird DK, Baird AN, Moore GE (2008). Prevalence and distribution of radiographically evident lesions on repository films in the hock and stifle joints of yearling Thoroughbred horses in New Zealand. *N. Z. Vet. J.* 56, 5, 202-209
- Parkes RS, Weller R, Groth AM, May S, Pfau T (2009). Evidence of the development of "domain-restricted" expertise in the recognition of asymmetric motion characteristics of hindlimb lameness in the horse *Equine Vet. J.* 41, 2, 112-117
- Peham C, Licka T, Girtler D (2001). Hindlimb lameness: clinical judgment versus computerized symmetry measurement. *Vet. Rec.* 148, 750-752
- Pfau T, Jennings C, Mitchell H, Olsen E, Walker A, Egenvall A, Tröster S, Weller R (2014b). Lungeing on hard and soft surfaces: Movement symmetry of trotting horses considered sound by their owners. *Equine Vet. J.* 10.1111/evj.12374
- Pfau T, Robilliard JJ, Weller R, Jespers K, Eliashar E, Wilson AM (2007). Assessment of mild hindlimb lameness during over ground locomotion using linear discriminant analysis of inertial sensor data. *Equine Vet. J.* 39, 407-413
- Pfau T, Spicer-Jenkins C, Smith RK, Bolt DM, Fiske-Jackson A, Witte TH (2014a). Identifying optimal parameters for quantification of changes in pelvic movement symmetry as a response to diagnostic analgesia in the hindlimbs of horses. *Equine Vet. J.* 46, 6, 759-763
- Pfau T, Stubbs NC, Kaiser LJ, Brown LE, Clayton HM (2012). Effect of trotting speed and circle radius on movement symmetry in horses during lunging on a soft surface. *Am. J. Vet. Res.* 73, 12, 1890-1899
- Pool RR (1996). Pathologic manifestations of joint disease in the athletic horse. En: McIlwraith CW, Trotter GM (eds). *Joint disease in the horse*. W.B. Saunders Co, Philadelphia. USA. pp 87-104
- Poulin Braim AE, Bell RJV, Textor JA, Lo WY, Puchalsky SM, Galuppo LD (2010). Computed tomography of proximal metatarsal and concurrent third tarsal bone fractures in a Thoroughbred race horse. *Equine Vet. Educ.* 22, 290-295
- Pourcelot P, Audigié F, Deguerce C, Geiger D, Denoix JM (2000). A method to synchronise cameras using the direct linear transformation technique. *J. Biomech.* 33, 1751-1754
- Pourcelot P, Audigié F, Lacroix, V (2002). A 3-D method to measure morphometrical data and standing conformation in horses. *J. Rech. Equine.* 28, 137-148
- Preston SA, Zimmer DN, Chmielewski TL, Trumble TN, Brown MP, Boneau JC, Hernández JA (2010). Prevalence of various presale radiographic findings and association of findings with sales price in THB yearlings sold in Kentucky. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 236, 4, 440-445
- Puchalsky S (2015). Comunicación personal. SIVE.
- Raes E, Bergman HJ, Van Ryssen B, Vanderperren K, Stock E, Saunders JH (2014). Computed tomographic features of lesions detected in horses with tarsal lameness. *Equine Vet. J.* 46, 189-193
- Raes EV, Bergman EH, Van Der Veem H, Vanderperren K, Van Der Vekens E, Saunders JH (2011). Comparison of a cross-sectional anatomy and computed tomography of the tarsus in horses. *Am. J. Vet. Res.* 72, 9, 1209-1221
- Real Federación Hípica Española (2015). *Reglamento de Ponis. Normas de Medición*. Disponible en URL: <http://www.rfhe.com/wp-content/uploads/2012/09/PONIS-2015.pdf>

- Rendano V, Quick C (1978). Radiographic interpretation: equine radiology: the hock. *Mod. Vet. Pract.* 59, 132-138
- Robert C, Valette JP, Denoix JM (2006). Correlation between routine radiographic findings and early racing career in French Trotters. *Equine Vet. J.* 36, 473-478
- Rooney JR (1968). *Biomechanics of equine lameness*. Cornell Vet. 58, 49-58
- Ross MW (2003a). Conformation and Lameness. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St Louis, MO. USA. pp 15-31
- Ross MW (2003b). Manipulation. En: Ross MW, Dyson S (eds). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St Louis, MO. USA. pp 74-81
- Ross MW (2012). Tarsal conditions affecting racehorses and sport horses. *Am. Ass. Equine Practns. Focus.* 18-22
- Sack WO, Orsini PG (1981). Distal intertarsal and tarsometatarsal joints in the horse: communications and injection sites. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 179, 355
- Santschi, EM, Leibsle SR, Morehead JP, Prichard MA, Clayton MK, Keuler NS (2006). Carpal and fetlock conformation of the juvenile Thoroughbred from birth to yearling auction age. *Equine Vet. J.* 38, 604-609
- Santschi EM (2013). How to interpret radiographs of the Carpus and Tarsus of the young performance horse. *Proc. Am. Ass. Equine Practns.* 59, 379-385
- Schaller O (1996). Artrología. En: Schaller O (ed). *Nomenclatura Anatómica Veterinaria Ilustrada*. Acribia, Zaragoza. pp 94-97
- Schamhardt HC, Hartman W, Lammertink LMA (1989). Forces loading the tarsal joint in the hind limb of the horse, determined from in vivo strain measurements of the third metatarsal bone. *Am. J. Vet. Res.* 50, 5, 728-733
- Schamhardt HC, Hartman W, De Lange A (1984). Kinematics of the equine tarsus. *Abstr. XV Congr. Europ. Ass. Anatomists.*
- Schebitz H, Wilkens H (1973). *Atlas of radiographic anatomy of the dog and the horse*. Verlag Paul Parey, Berlin. pp 86-95
- Schebitz H (1965). Spavin: radiographic diagnosis and treatment. *Proc. Am. Ass. Equine Practns.* 207-222
- Schneider RK, Milne DW, Gabel AA, Groom JJ, Bramlage LR (1982). Multidirectional *in vivo* strain analysis of the equine radius and tibia during dynamic loading with and without a cast. *Am. J. Vet. Res.* 43, 1541-1550
- Serena A, Schumacher J, Schramme MC, Degraives F, Bell E, Ravis W (2005). Concentration of methylprednisolone in the centrodistal joint after administration of methylprednisolone acetate in the tarsometatarsal joint. *Equine Vet. J.* 37, 2, 172-174
- Shelley J, Dyson S (1984). Interpreting radiographs 5: Radiology of the equine hock. *Equine Vet. J.* 16, 488-495
- Sigurdsson H (1991). Diagnosis and radiographic examination of spavin in 60 Icelandic horses. *Icel. Agr. Sci.* 5, 33-38
- Skelly E, Dyson S (2014). *Mineralisation or ossification of the interosseous ligament of the centrodistal joint of the horse: is there an association with osteoarthritis?* British Equine Veterinary Association. 98

- Skelly-Smith E, Ireland J, Dyson S (2015). The centrodistal joint interosseous ligament region in the tarsus of the horse: normal appearance, abnormalities and possible association with other tarsal lesions, including osteoarthritis. *Equine Vet. J.* 10.1111/evj.12457
- Slater J (2015). *National Equine Health Survey (NEHS)*. Blue Cross. Burford, Oxon, UK. Disponible en URL: <https://www.bluecross.org.uk/nehs-2015-results>
- Sloet MM, Genzel W, Vanweeren PR (2010). A pilot study on factors influencing the career of Dutch sport horses. *Equine Vet. J.* S38, 28-32
- Smallwood J, Shively M, Rendano V, Habel R (1985). A standardised nomenclature for radiographic projections used in veterinary medicine. *Vet. Radiol. Ultrasound.* 26, 2
- Sonnichsen HV, Svalastoga E (1985). Surgical treatment of Bone Spavin in the horse. *Eq. Practice.* 7,8, 6-9
- Sprackman L, Dakin SG, May SA, Weller R (2015). Relationship between the shape of the central and third tarsal bones and the presence of osteoarthritis. *Vet. J.* 204, 94-98
- Starke, SD, Willems E, Head M, May SA, Pfau T (2012). Proximal hindlimb flexion in the horse: Effect on movement symmetry and implications for defining soundness. *Equine Vet. J.* 44, 657-663
- Stashak TS (1987). Diagnosis of lameness. En: Stashak TS (ed). *Adam's lameness in horses* (4th ed). Lea & Febiger, Philadelphia, PA. USA. pp 100-156
- Stashak TS (1987). The relationship between conformation and lameness. En: Stashak TS (ed). *Adam's lameness in horses* (4th ed). Lea & Febiger, Philadelphia, PA. USA. pp 88-91
- Stashak TS (1987). Normal radiographic anatomy for equine lameness examination. En: Stashak TS (ed). *Adam's lameness in horses* (4th ed). Lea & Febiger, Philadelphia, PA. USA. pp 244-255
- Stock KF, Distl O (2005). Evaluation of expected response to selection for orthopedic health and performance traits in Hanoverian Warmblood horses. *Am. J. Vet. Res.* 66, 8, 1371-1379
- Taylor SM (1977). *Some studies on equine hock joint disease with particular reference to tarsal osteoarthritis*. Thesis University of Glasgow.
- Tomlinson JE, Redding WR, Berry C, Smallwood JE (2003). Computed tomographic anatomy of the equine tarsus. *Vet. Radiol. Ultrasound.* 44, 2, 174-178
- Tranquille CA, Blunden AS, Dyson SJ, Parkin TD, Goodship AE, Murray RC (2009). Effect of exercise on thicknesses of mature hyaline cartilage, calcified cartilage, and subchondral bone of equine tarsi. *Am. J. Vet. Res.* 70, 12, 1477-1483
- Tranquille CA, Dyson SJ, Blunden AS, Collins SN, Parkin TD, Goodship AE, Murray RC (2011). Histopathologic features of distal tarsal joint cartilage and subchondral bone in ridden and pasture-exercised horses *Am. J. Vet. Res.* 72, 1, 33-41
- Uhlir C, Licka T, Kübber P (1997). Compensatory movements of horses with a stance phase lameness. *Equine Vet. J.* S23, 102-105
- Udipke SJ (1984a). Functional anatomy of the equine tarsocrural collateral ligaments. *Am. J. Vet. Res.* 45, 5, 867-873
- Udipke SJ (1984b). Anatomy of the tarsal tendons of the equine tibialis cranialis and peronius tertius muscles. *Am. J. Vet. Res.* 45, 1379-1382
- Van Hoogmoed LM, Snyder JR, Thomas HL, Harmon FA (2003). Retrospective evaluation of equine prepurchase examinations performed 1991-2000. *Equine Vet. J.* 35, 4, 375-381

- Van Weeren PR, Crevier-Denoix N (2006). Equine conformation: clues to performance and soundness? *Equine Vet. J.* 38, 591-596
- Van Weeren PR, Van Den Bogert AJ, Barneveld A (1990a). A quantitative analysis of skin displacement in the trotting horse. *Equine Vet. J.* S9, 101-109
- Van Weeren PR, Van Den Bogert AJ, Barneveld A (1990b). Quantification of skin displacements in the proximal parts of the limbs of the walking horse. *Equine Vet. J.* S9, 110-118
- Van Weeren PR, Van Den Bogert AJ, Barneveld A (1992). Correction models for skin displacements in equine kinematic gait analysis. *J. Equine Vet. Sci.* 12, 178-192
- Verschooten F, Schramme M (1994). Radiologic examination of the tarsus in horses. *Equine Vet. Educ.* 6, 323-332
- Wallin L, Standberg E, Philipsson J, Dalin G (2000). Estimates of longevity and causes of culling and death in Swedish warmblood and coldblood horses. *Livestock Prod. Sci.* 275-289
- Wamberg K (1958). Etiology and treatment of bone spavin in the horse. *Tierarztl Umsch.* 13, 178-182
- Watrous BJ, Hultgren BD, Wagner PC (1990). Juvenile spavin as a manifestation of osteochondrosis. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 313-322
- Weller R, Pfau T, Babbage D, Brittin E, May SA, Wilson AM (2006). Reliability of conformational measurements in the horse using a three-dimensional motion analysis system. *Equine Vet. J.* 38, 7, 610-615
- Whitton RC, Murray RC, Buckley C (1999). An MRI study of the effect of treadmill training on bone morphology of the central and third tarsal bones of young thoroughbred horses. *Equine Vet. J.* 30, 258-261
- Widmer WR, Blevins WE (1994). Radiographic evaluation of degenerative joint disease in horses: interpretive principles. *Comp. Con. Edu. Pract.* 16, 907-917
- Wiserman A (2013). *A pilot study of lateral hock angles in a random selection of 44 diagnosed cases of Bone Spavin compared to 18 cases with clear payhology*. Dissertation BSc (Hons) in Farrier Science. Myerscough College, UK.
- World Association of Veterinary Anatomists (2012). *Nomina Anatomica Veterinaria*. Disponible en URL: http://www.wava-amav.org/Downloads/nav_2012.pdf
- Wyn-Jones G (1988). Score systems. En: Wyn-Jones G (ed). *Equine lameness*. Blackwell Scien. Publ., Oxford, UK. p 5

Anexo I

Calificación Morfológica Lineal del caballo de PRE


**FICHA DE CALIFICACIÓN MORFOLÓGICA LINEAL
EN EL CABALLO PURA RAZA ESPAÑOL**

| | |
|--------------------------|--|
| TRC/PRUEBA/CONCURSO | |
| FECHA | |
| LUGAR | |
| MICROCHIP | |
| NÚMERO LIBRO GENEALÓGICO | |
| NOMBRE DEL ANIMAL | |
| SEXO | |
| GANADERÍA | |
| FECHA DE NACIMIENTO | |
| FECHA VALORACIÓN | |
| CAPA | |
| CALIFICADOR | |

FIRMA DEL CALIFICADOR

| VARIABLES | CLASES | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|---|---------------|---|---------------------|---|---------------------|---|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| CABEZA Y CUELLO | | | | | | | | | |
| Longitud de cabeza | Muy corta (<50) | | Corta (54) | | Media (60) | | Larga (66) | | Muy larga (≥71) |
| Anchura de cabeza | Muy estrecha (≤17) | | Estrecha (22) | | Media (28) | | Ancha (34) | | Muy ancha (≥39) |
| Espacio intermandibular | Muy cerrado (≤4) | | Cerrado (6) | | Medio (8) | | Abierto (10) | | Muy abierto (≥12) |
| Comisura labial | Muy corta (≤7) | | Corta (9) | | Media (11) | | Larga (13) | | Muy larga (≥15) |
| Unión cabeza-cuello | Muy empastada | | Empastada | | Algo marcada | | Marcada | | Muy marcada |
| Borde superior cuello | Muy fino | | Fino | | Medio | | Grueso | | Muy grueso |
| Longitud de cuello | Muy corto (<62) | | Corto (67) | | Medio (73) | | Largo (79) | | Muy largo (≥84) |
| Unión inferior cuello-tronco | Muy baja (<2) | | Baja (7) | | Medio (13) | | Alta (19) | | Muy alta (≥23) |
| TRONCO | | | | | | | | | |
| Anchura de pecho | Muy estrecho (≤20) | | Estrecho (25) | | Medio (31) | | Ancho (37) | | Muy ancho (≥42) |
| Altura de cruz | Muy baja (≤3) | | Baja (5) | | Media (7) | | Alta (9) | | Muy alta (≥11) |
| Longitud de dorso | Muy corto (≤25) | | Corto (29) | | Medio (33) | | Largo (37) | | Muy largo (≥40) |
| Longitud de lomo | Muy corto (<20) | | Corto (23) | | Medio (27) | | Largo (31) | | Muy largo (≥34) |
| Línea dorsal | Convexa | | Recta | | Ligeramente cóncava | | Cóncava (ensillado) | | Muy cóncava |
| MIEMBROS ANTERIORES | | | | | | | | | |
| Longitud de espalda | Muy corta (<59) | | Corta (62) | | Media (66) | | Larga (70) | | Muy larga (≥73) |
| Angulo de espalda | ≤35 | | 40 | | 46 | | 52 | | ≥57 |
| Longitud de antebrazo | Muy corto (<36) | | Corto (39) | | Medio (43) | | Largo (47) | | Muy largo (≥50) |
| Angulo de rodilla lateral | Muy corvo | | Corvo | | En la vertical | | Trascorvo | | Muy trascorvo |
| Angulo de rodilla frontal | Muy hueco | | Hueco | | En la vertical | | Zambo | | Muy zambo |
| Perimetro de caña anterior | Muy pequeño (≤16) | | Pequeño (18) | | Medio (20) | | Grande (22) | | Muy grande (≥24) |
| MIEMBROS POSTERIORES | | | | | | | | | |
| Longitud de grupa | Muy corta (<40) | | Corta (45) | | Media (50) | | Larga (55) | | Muy larga (≥61) |
| Angulo de grupa | ≤5 | | 8-9 | | 12-13 | | 16-17 | | >20 |
| Distancia coxal-babilla | Muy corta (<40) | | Corta (45) | | Media (50) | | Larga (55) | | Muy larga (≥61) |
| Distancia isquión-babilla | Muy corta (<47) | | Corta (50) | | Media (54) | | Larga (58) | | Muy larga (≥61) |
| Longitud de nalga | Muy corta (<35) | | Corta (40) | | Media (45) | | Larga (50) | | Muy larga (≥55) |
| Longitud de pierna | Muy corta (<40) | | Corta (45) | | Media (50) | | Larga (55) | | Muy larga (≥60) |
| Desarrollo muscular | Muy poco | | Poco | | Medio | | Desarrollado | | Muy desarrollado |
| Desarrollo del tendón posterior | Muy fino | | Fino | | Medio | | Desarrollado | | Muy desarrollado |
| Dirección corvejón (trasera) | Muy convergentes | | Convergentes | | Paralelos | | Divergentes | | Muy divergentes |
| Angulo corvejón (lateral) | Muy cerrado | | Cerrado | | Normal | | Abierto | | Muy abierto |
| GENERALES | | | | | | | | | |
| Fidelidad racial | Muy poco racial | | Poco racial | | Aceptable | | Racial | | Muy racial |
| Armonía del conjunto | Nada armónico | | Poco armónico | | Algo armónico | | Armónico | | Muy armónico |

Anexo II

Sistema de medición morfométrico en 3-D (Poucet 2007)

Figure 4: Structure de calibration utilisée à partir de 2003. Elle est en aluminium. Les intersections des tiges d'aluminium servent de repères dont le relevé fournit les données nécessaires aux calculs des coordonnées 3-D des repères anatomiques des chevaux

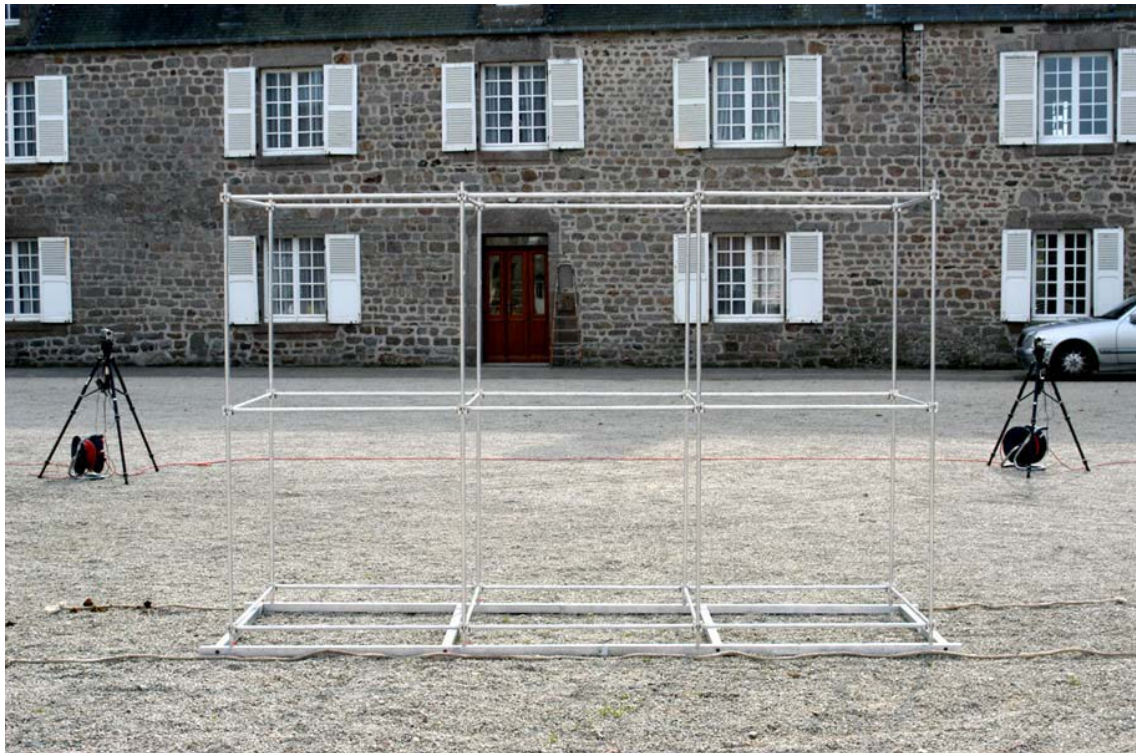


Figure 6: Disposition des caméras par rapport à la structure de calibration

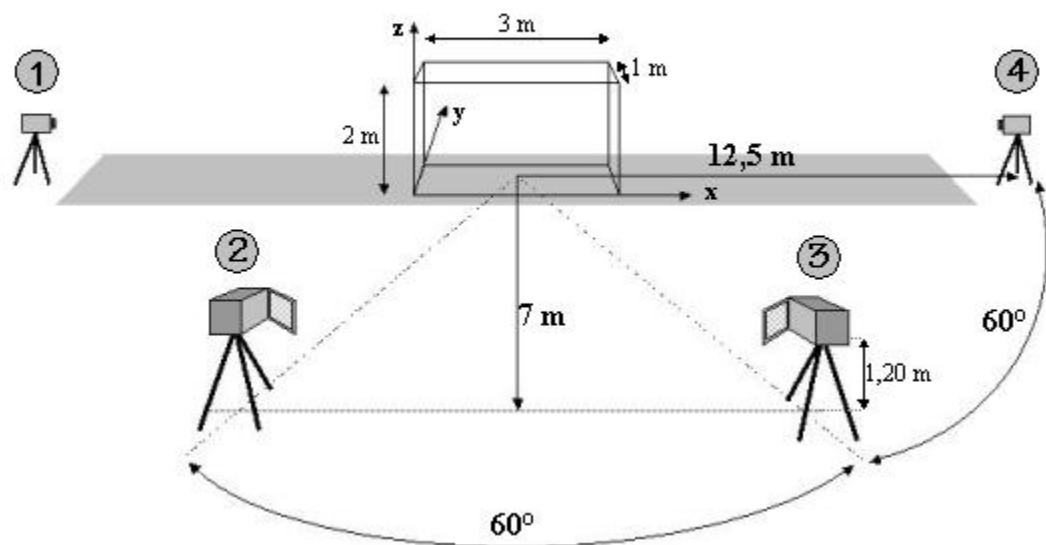


Figure 9: Images de la structure de calibration chargées avec le logiciel Calibrateur. Ce logiciel affiche sur chaque image un «squelette» de structure composé de carrés. Le relevé de la structure de calibration s'effectue en pointant chaque carré sur le repère correspondant.

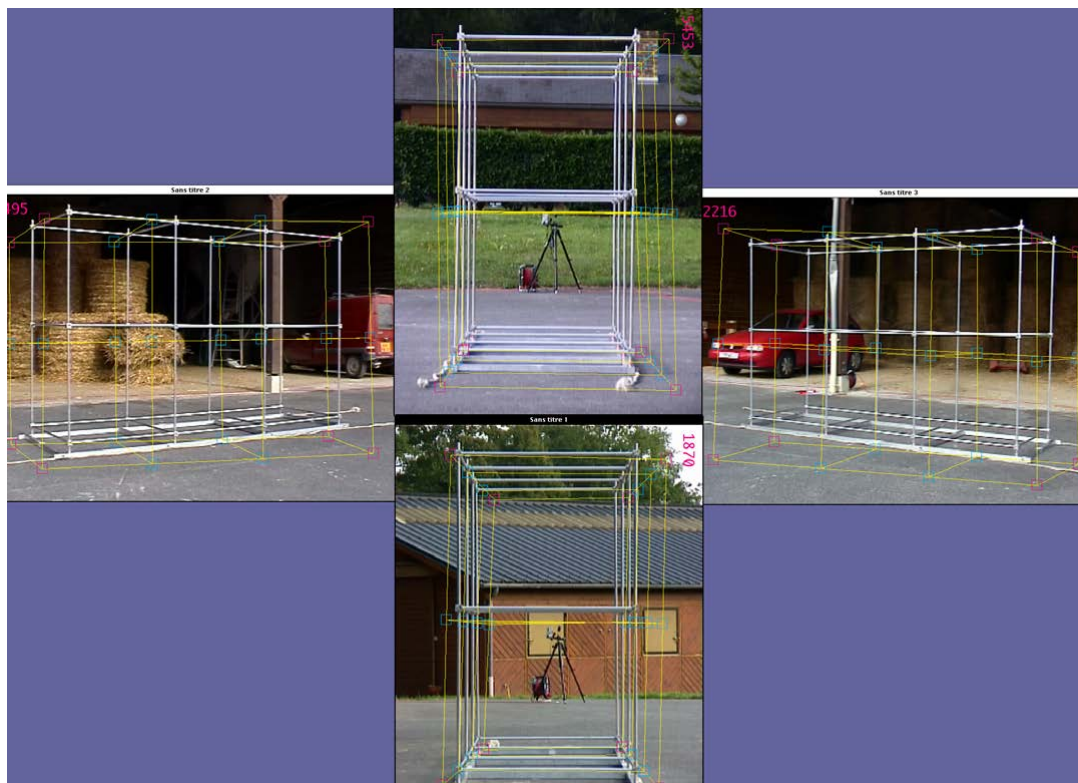


Figure 10: Images de la structure de calibration relevée sous le logiciel Calibrateur. Chaque carré est positionné sur le repère. Le «squelette» de la structure est superposé à la structure.

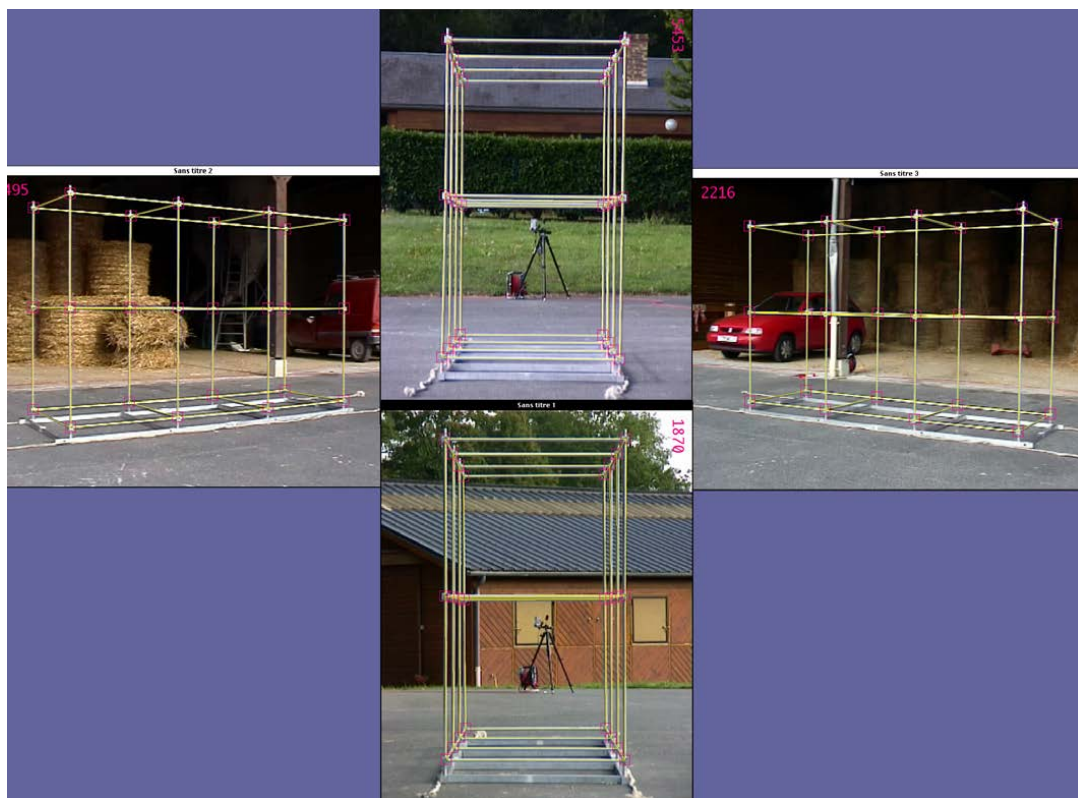


Figure 18: Images de référence du membre postérieur (IR-Post) chargées avec le logiciel Conformeur. Chaque carré numéroté est positionné sur le repère anatomique correspondant.



Figure 19: Détail des images référence du membre postérieur (IR-Post) chargées avec le logiciel Conformeur: détail de l'image de la caméra 3. Chaque carré numéroté est positionné sur le repère anatomique correspondant. Chaque carré devient rose quand il est pointé sur un repère. Les carrés bleus, ici superposés aux roses, matérialisent les coordonnées 3-D calculées à partir des autres vues.



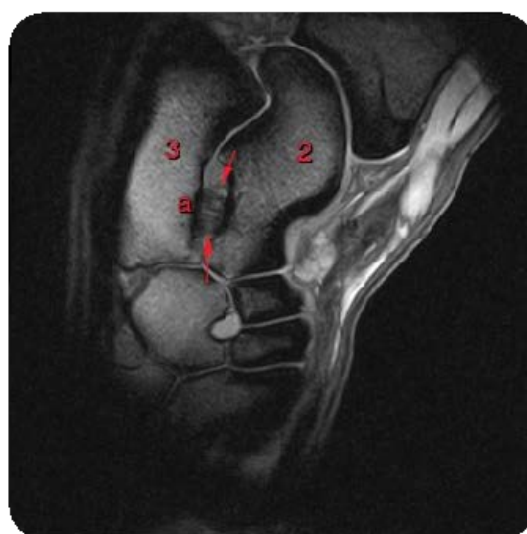
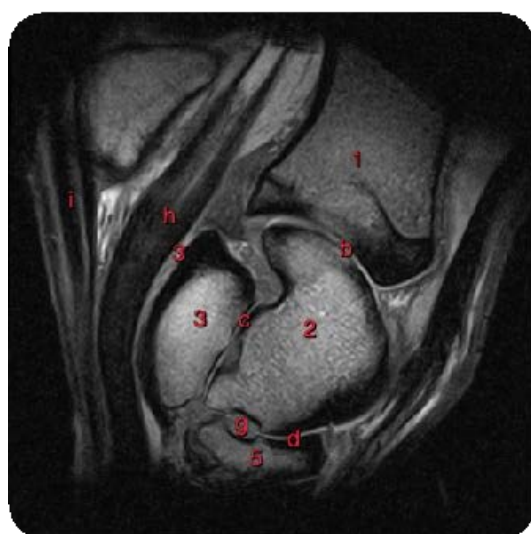
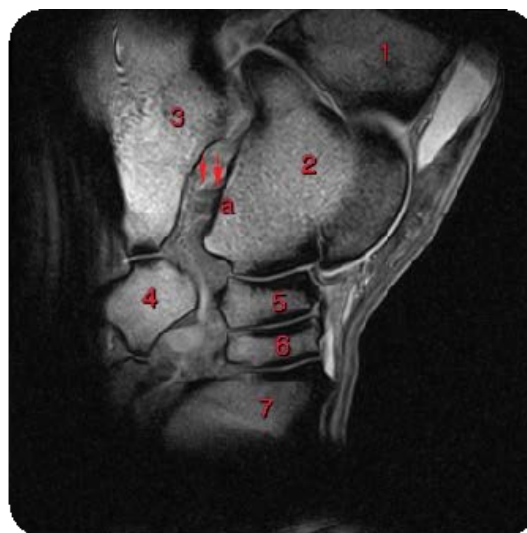
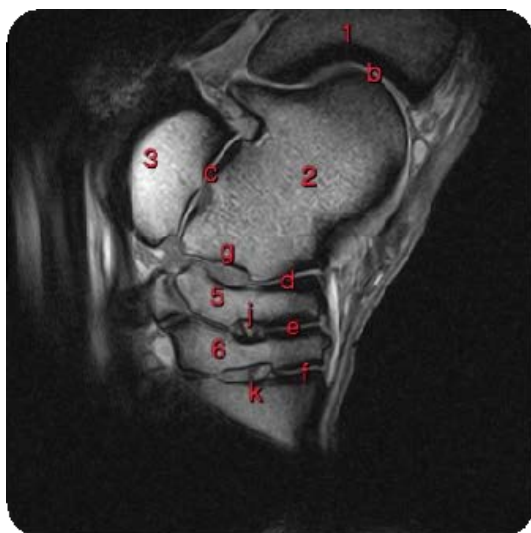
Anexo III

Cortes RM de la región tarsal

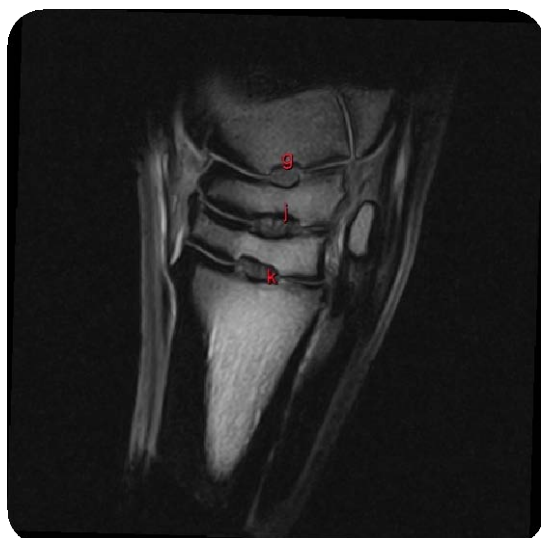
Las imágenes RM que se muestran a continuación han sido realizadas con un equipo de bajo campo (Hallmarq®) por la Dra. Raquel Gómez Lucas de la Universidad Alfonso X el Sabio (Madrid).

Cortes Parasagittales Secuencia T1 GRE

1: extremo distal de la tibia; **2:** astrágalo; **3:** calcáneo; **4:** IV tarsal; **5:** hueso central; **6:** III tarsal; **7:** extremo proximal III metatarsal; **a:** ligamento talocalcáneo (flechas); **b:** articulación tarsocrural; **c:** articulación talocalcánea; **d:** articulación talocalcánea-centrocuartal; **e:** articulación centrodistal; **f:** articulación tarsometatarsiana; **g:** ligamento talocalcáneo-centrocuartal; **h:** tendón flexor digital profundo; **i:** tendón flexor digital superficial; **j:** ligamento centrodistal; **k:** ligamento tarsometatarsiano.

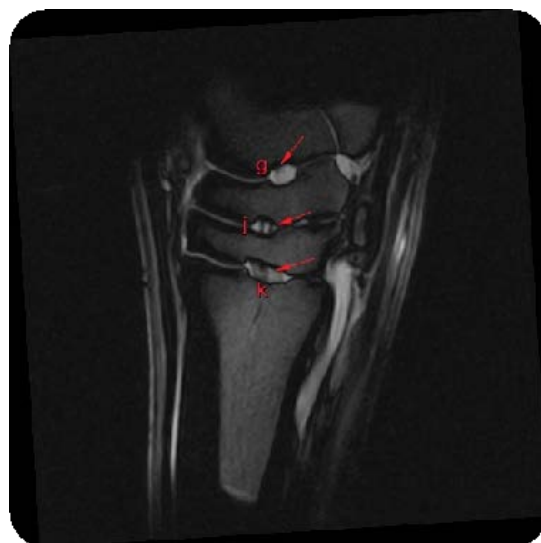
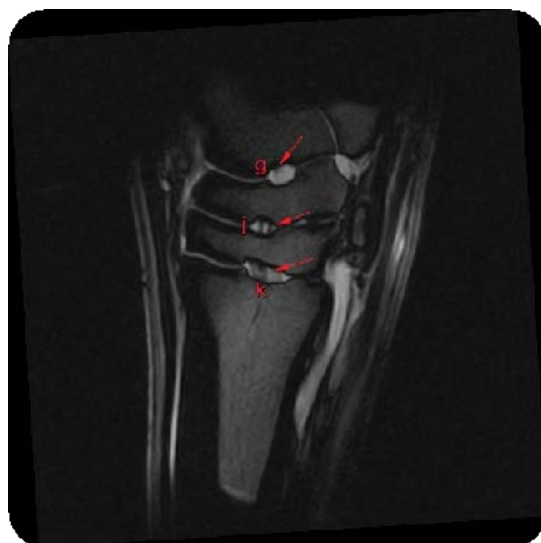


Cortes Parasagittales Secuencia T1 GRE (continuación)



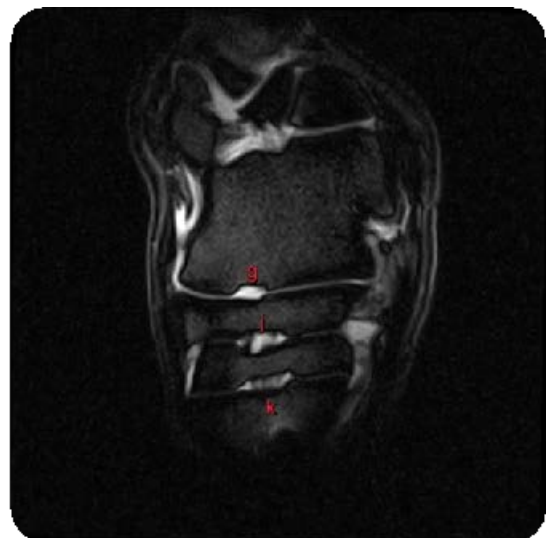
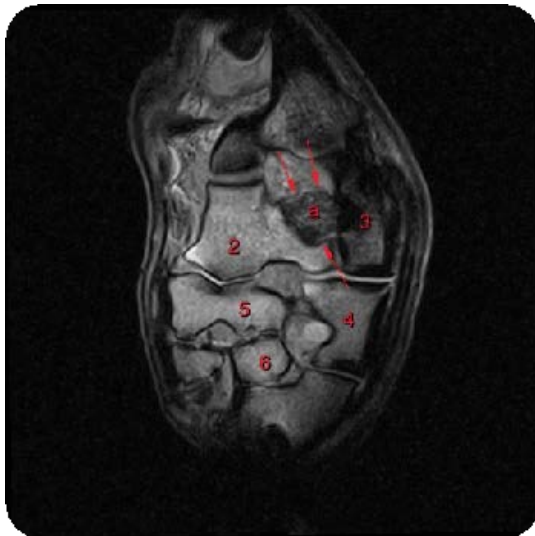
Cortes Sagittales Secuencia T2 GRE

g: ligamento talocalcáneo-centrocuartal; **j:** ligamento centrodistal; **k:** ligamento tarsometatarsiano.



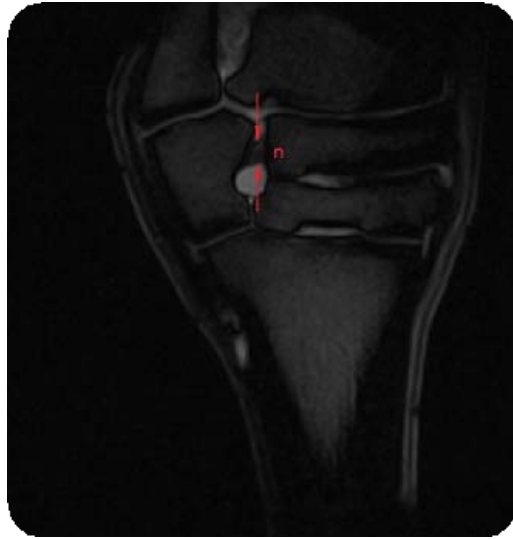
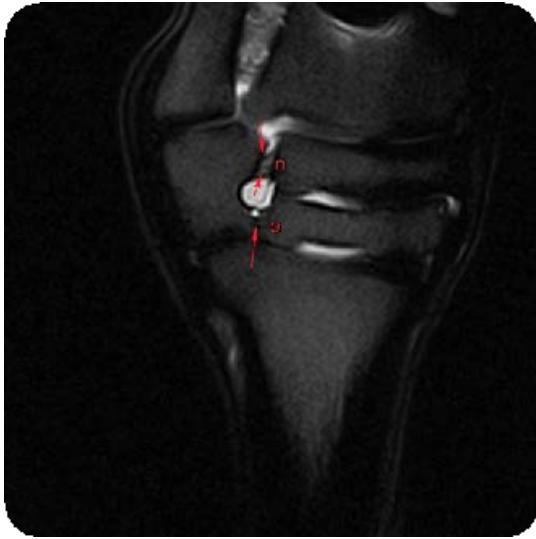
Cortes Frontales Secuencias T1 GRE, T2 GRE y T2 FSE

2: astrágalo; 3: calcáneo; 4: IV tarsal; 5: hueso central; 6: III tarsal; a: ligamento talocalcáneo (flechas); g: ligamento talocalcáneo-centrocuartal; j: ligamento centrodistal; k: ligamento tarsometatarsiano.



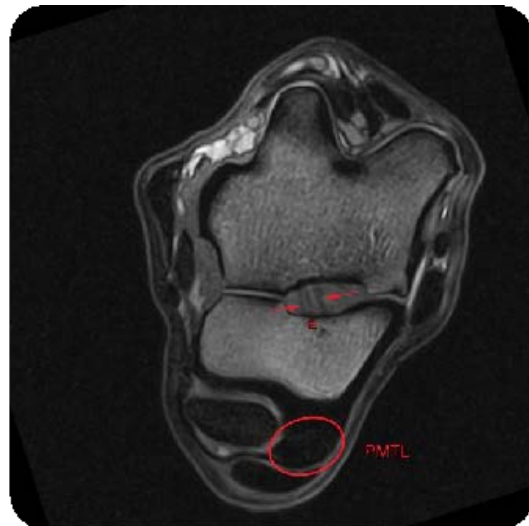
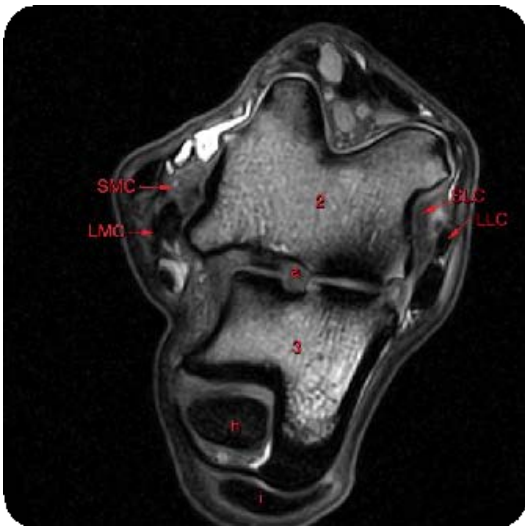
Cortes Frontales Secuencias T2 GRE y T2 FSE

n: ligamento centro-cuartal; **o:** ligamento cuarto-distal.



Cortes Transversales Secuencia T1 GRE

SMC: ligamento colateral medial corto; **LMC:** ligamento colateral medial largo; **SLC:** ligamento colateral lateral corto; **LLC:** ligamento colateral lateral largo; **PMTL:** ligamento plantar metatarsiano; **l:** ligamento interóseo metatarsiano medial; **m:** ligamento interóseo metatarsiano lateral; **lsm:** origen del ligamento suspensor del menudillo o interóseo III; **n:** ligamento centro-cuartal; **o:** ligamento cuarto-distal.



Cortes Transversales Secuencia T1 GRE (continuación)

